

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE
MONTES

**APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE LAS
ACEBEDAS DEL SISTEMA IBÉRICO NORTE:
CARACTERIZACIÓN, CRECIMIENTO,
PROPAGACIÓN, CONSERVACIÓN, TRATAMIENTOS
SELVÍCOLAS Y PRODUCCIÓN DE RAMILLA CON
FINES ORNAMENTALES.**

TESIS DOCTORAL

M^a DOLORES GARCÍA GONZÁLEZ
Ingeniera de Montes
2001

DEPARTAMENTO DE SILVOPASCICULTURA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MONTES
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

**APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE LAS ACEBEDAS
DEL SISTEMA IBÉRICO NORTE:
CARACTERIZACIÓN, CRECIMIENTO, PROPAGACIÓN,
CONSERVACIÓN, TRATAMIENTOS SELVÍCOLAS Y PRODUCCIÓN
DE RAMILLA CON FINES ORNAMENTALES.**

Memoria que para optar al Grado de Doctor
presenta la Ingeniera de Montes M^o Dolores
García González. Realizada bajo la
dirección del Dr. D. Jose Alberto Pardos
Carrión en Departamento de Investigación
Forestal de Valonsadero (Soria). Dirección
General de Medio Natural. Consejería de
Medio Ambiente. Junta de Castilla y León.

Autora:

M^a DOLORES GARCÍA GONZÁLEZ
Ingeniera de Montes

Director:

JOSÉ ALBERTO PARDOS CARRIÓN
Doctor Ingeniero de Montes

Madrid, Octubre de 2001

Tribunal nombrado por el Mgfco. y Excmo. Sr. Rector de la Universidad
Politécnica de Madrid, el día _____ de _____ de 200 _____

Presidente D. _____
Vocal D. _____
Vocal D. _____
Vocal D. _____
Secretario D. _____

Realizado el acto de defensa y lectura de la Tesis el día _____
de _____ de 200 _____ en _____

Calificación: _____

EL PRESIDENTE

LOS VOCALES

EL SECRETARIO

A mi padre (q.e.d.) y a mi madre.

A mi abuelo.

AGRADECIMIENTOS

Por suerte, la lista de profesores, compañeros y amigos a los que quiero agradecer su ayuda y apoyo durante la realización de esta tesis es interminable, incluso, he tenido que reducir el tamaño de letra porque no me entraba el resumen de personas que creo imprescindible citar en el espacio que había dejado. Muchas veces a lo largo de estos años he pensado en lo que me gustaría poner en estos agradecimientos, pero cuando por fin llega ese tan esperado momento de entregar el documento final nada te acaba de convencer y tampoco tienes suficiente tiempo para dedicarle a una parte tan personal.

En primer lugar pido disculpas a todo aquel que eche en falta su nombre: lo siento mucho, ya sé que no tiene perdón, pero la imprenta, los papeleos y los trámites burocráticos en este momento parecen eternos e insalvables. ¡Ingenua de mí, yo que pensaba que ya había acabado la tesis!.

En especial quiero expresar mi más sincero agradecimiento a:

Ana Hernández Fernández de Rojas, “la jefa”, por todo: por acogerme en Valonsadero, por poner a mi disposición todos los medios materiales y humanos que he necesitado, por su dirección, sus sugerencias y su colaboración, por preocuparse de mis problemillas y soportar mis quejas,... en definitiva, por los seis años de esfuerzo y trabajo diario que hemos dedicado al acebo. Y muy especialmente, por su amistad y su apoyo en todo momento.

José Alberto Pardos, mi director, por todo lo que me ha enseñado, por sus acertadas sugerencias y su inestimable orientación. Solo tengo que lamentar no haberme dado cuenta antes de que debería haber mantenido un contacto más estrecho a lo largo de la tesis y haber aprovechado más sus conocimientos científicos.

Gregorio Montero, por su inestimable y desinteresada ayuda, por haberme dedicado una parte de su escaso tiempo compartiendo generosamente sus amplios conocimientos forestales, y por acordarse siempre de “esos chicos de Valonsadero”, preocuparse por nosotros, darnos su apoyo y haber tenido siempre una sonrisa y una palabra de ánimo.

Roberto San Martín, por haber hecho comprensible, y hasta atractiva, la ardua y complicada ciencia estadística. Por haber estado siempre disponible y resolver todas mis dudas. Me has ayudado más de lo que tú piensas, de verdad.

Manuel Frías, por sus sugerencias, sus aportaciones, su insustituible ayuda en el trabajo de campo, poner a mi disposición su creatividad y sus habilidades, su dedicación y su apoyo.

Los estudiantes que han realizado sus proyectos sobre el acebo: Rosa Gil, Rosa Contreras, Nuria Romera y Miguel Navas, por su esfuerzo, el trabajo y momentos que hemos compartido.

“Los chicos”, muy especialmente a Antonio, Andrés y Boni, que saben bien lo que pinchan los acebos y lo que es una acebeda por dentro. No sólo por su trabajo, sino también por sus ideas y sus sugerencias, y por no haberme dejado algún día en Garagüeta nevando atada a un acebo. También, a Quique, Aurora, Antón, Mejo y Alfredo que llegaron más tarde.

El resto de compañeros del Centro de Investigación Forestal de Valonsadero: Aurora, que me ha hecho miles de encargos y casi hasta de niñera; Marisa, que nos estimula el ingenio y alegra los desayunos; Fernando R., que soluciona el papeleo y está siempre dispuesto a hacer lo que haga falta; Roberto, por alegrarnos algunos ratos en el laboratorio; Rafa, por sus traducciones, pedidas siempre con prisas y en el último momento; Tere, por cederme siempre el ordenador en el que trabaja sin protestar mucho; Bea, por las ruidosas mañanas de ultrasonidos y las charlas a gritos que compartimos; Marina, por su apoyo y colaboración; Oscar, por su animosa ayuda para arreglar todo tipo de desaguisados; Fernando M., por todos estos años de amistad, por traerme a Soria, y por todas las tardes y fines de semana en el Centro que hemos compartido. También, a todos los que no he citado antes y ya no están trabajando con nosotros: Cristina, Higinio, Narciso, Raquel, Pilar M., Pilar R., Loli C., Emilio, Gustavo, M^a. Jesús, Andrés... Y a María G., que no sé muy bien donde colocar.

Los agentes forestales de la zona de las acebedas, en especial a Paco, Salvador, Nacho, Alejandro, José Luis y Fernando, que siempre me han acudido en mi auxilio y me han ayudado en todo.

Los compañeros del Servicio Territorial de Medio Ambiente de Soria, no puedo citarlos a todos, pero me gustaría resaltar a José Antonio, Trini, Chema, Alejandro, María, José Manuel, Rafa, Susana, Alfredo (que ya lo puse antes, se cambió de trabajo), Adolfo, Maje...

El secretario del Ayuntamiento de Arévalo y Torrearévalo de la Sierra, Antonio Sánchez Serena, que también ha aportado su granito de arena.

Todos los habitantes de Arévalo y Torrearévalo de la Sierra, que me han acogido en su monte, me han tratado como uno más de la zona y me han ayudado durante este trabajo.

Las compañeras de PROYNERSO: Isabel, Montse y muy especialmente a Pepa, compañera de tantas horas de trabajo, con sus alegrías y disgustos pero siempre con buen humor.

Los compañeros y amigos de ASDEN: Carlos, Juan Luis, Luis, Angel, Concha, Roque, y tantos otros. Por su preocupación y esfuerzos por la conservación de las acebedas, y por su desinteresada ayuda y apoyo, incluso en momentos difíciles.

Los compañeros de la Escuela Capataces de Almazán, en especial Carlos, David y Richar por su cordial acogida durante el tiempo que estuve con ellos, su apoyo y su amistad.

Los compañeros de la Escuela de Empresariales: Elisa, Isidoro, Jesús H., Jesús C., Blanca y Lola, aunque me repita también por su cordialidad, el grato recuerdo que guardo de los desayunos que hemos compartido, sus ánimos y su apoyo.

Los compañeros de la cátedra de anatomía de la escuela: Paco, José, Fernando, Manolo, Ismael, y otros muchos, que siempre me recibieron con los brazos abiertos y me atendieron aún estando muy ocupados.

Los funcionarios y contratados de la Consejería de Medio Ambiente en Valladolid, que aunque tardaron más de un año, lograron que cobráramos por fin la beca de investigación.

La Asociación de Jóvenes Instigadores Precarios, cuya lista de correo leo todas las mañanas y me ayuda a pensar que nuestra situación está mejorando y algún día, no muy lejano, cambiará.

Mis profesores desde parbulitos hasta ahora, por su esfuerzo y dedicación, por educarme y despertar mi inquietud por el saber y las ciencias, enseñarme a pensar, y no solo a recordar los conocimientos que vienen en los libros. No puedo recordarles a todos, pero en especial a Manoli, Teresa, Pepe, Juanjo, Santiago y José María que me dieron clase en el colegio, a Telvi, Juanjo, Ildefonso, Hilario y Morellón del instituto y a J.A. Pardos, L. Gil, Trevor, J. Ruiz de la Torre, J. Martínez Millán, J.J. Fernández-Golfín, S. Vignote y A. San Miguel.

Mi familia a la que tanto debo y seguiré debiendo, y que ya no se atreve a preguntar cuándo voy, qué tal va mi tesis o cuándo la acabo. Que sepan que ya se ha acabado y pronto se hartarán de nuevo de que les limpie el frigorífico.

Todos mis amigos: los de siempre, Tote, Santi, Julio y Mila, Mariano, el Prota, Pedro, ...los de la carrera, Fernando M., Jaime, Nacho y Petri, Elvira y Jose, Angie, Raquel, Salva, Olimpia y Jaime, Arancha y Javi, Juanma y Belén, Sonia y Alfredo,... los nuevos, Isidoro, Juan Luis, Yoli, Rosa G., Pilar R., Pilar con su Malinche, Jose Angel y Elisa,... por lo abandonados que los he tenido durante la realización de esta tesis, especialmente en los últimos tiempos.

José, por todo, por estar siempre a mi lado, por encajar mis enfados y mis problemas con tanto cariño y paciencia y lograr hacerme olvidarlos, por su apoyo incondicional, por sus detalles y por todos los maravillosos ratos que pasamos juntos. Y a los más fieles, Salus (q.e.d.), Zara, Bartolo, Lira y Africa que aunque sea por interés nunca me abandonan.

Elaborar estos agradecimientos me ha resultado más gratificante de lo que esperaba, me he ido dando cuenta de la cantidad de buena gente que he conocido y los buenos amigos que he hecho durante estos años, como dice mi jefa: "me ha cundido mucho". De nuevo, **muchas gracias a todos.**

RESUMEN

En esta tesis se estudian diversos aspectos de la biología, ecología, selvicultura y aprovechamientos del acebo (*Ilex aquifolium* L.) dirigidos a la conservación y mejora de las acebedas del Sistema Ibérico Norte manteniendo sus usos tradicionales y actuales compatibles con su conservación, así como la promoción de su cultivo para aprovechamiento de ramilla ornamental.

Las acebedas del Sistema Ibérico Norte son la más importante y extensa representación existente en la Península Ibérica. Estas masas no ocupan grandes extensiones, pero son unos ecosistemas muy peculiares y valiosos, tanto ecológica como económicamente. Su origen es natural, pero su evolución y estructura son claramente antrópicos, deben su existencia y su estado actual a los aprovechamientos tradicionales que durante siglos se han practicado en ellos, principalmente el pastoreo y la corta de leñas. En general, se encuentran situadas en Montes de Utilidad Pública y son típicas dehesas de ganado mayor. Son montes bajos con estructura irregular, y una cobertura y características dasométricas muy heterogéneas, en ellas se encuentra todo un gradiente de masas que va desde zonas de pastos sin cubierta arbórea hasta rodales puros de acebo con una fracción de cabida cubierta del 100% y espesura trabada.

Los estudios de regeneración, estructura, crecimiento, biomasa y la instalación de parcelas experimentales de tratamientos selvícolas se han realizado en la acebeda de Garagüeta, la más extensa y emblemática de la zona.

Se ha analizado la regeneración en las diferentes zonas de la acebeda, los factores que influyen sobre la misma, y el rebrote del acebo tras una corta. La regeneración por semilla solamente se produce de forma ocasional y esporádica, apareciendo en las zonas densas, bajo la orla de los acebos maduros y en algunos matorrales espinosos. Sólo se produce una regeneración clara en las zonas de espesura trabada de la acebeda, y es fundamentalmente vegetativa. Destaca la carga ganadera actual y pasada como uno de los problemas más importantes de la regeneración, tanto sexual como vegetativa, y se puede calificar como muy intenso el ramoneo del ganado sobre el regenerado, llegando a dominarlo. En las zonas densas, aparecen además problemas de exceso de competencia intraespecífica por el agua y los nutrientes. Y en las zonas no arboladas otros factores limitantes parecen ser el exceso de encespedamiento del pasto (en definitiva, consecuencia también de la elevada carga ganadera en el pasado) y la falta de aporte de semilla. El acebo rebrota intensamente tras las cortas y dentro del rango de edades estudiado, la edad de los pies no influye significativamente en su capacidad de emitir brotes tras una corta.

Se ha descrito la estructura y composición tanto de las masas densas, como de las cepas de la zona adehesada. El ganado se ha revelado como el principal agente configurador de las acebedas, cuya dinámica natural tiende al cierre de la masa generando zonas de espesura trabada con unas densidades muy elevadas. Las cepas maduras de acebo de la zona adehesada están formadas por un gran número de troncos en su interior, pudiendo llegar a densidades equivalentes a 25.000 pies/ha. En las cepas con más de 110 años existe un decaimiento de los pies centrales, el número de nuevos brotes jóvenes que aparecen en la cepa disminuye y la altura máxima de la cepa aparece en pies laterales. Las zonas de espesura trabada se caracterizan por su elevada densidad, con una media de 25.500 pies/ha, una escasa altura y un diámetro cuadrático medio también pequeño.

Se ha realizado la modelización de la biomasa y el crecimiento, tanto en altura como en diámetro, de las cepas de las zonas adehesadas y de los chirpiales en toda la acebeda. Se han estudiado sus pautas de comportamiento en diferentes densidades de la masa, y se ha ajustado la función de crecimiento de Richards por regresión no lineal con el método de

Marquardt para el crecimiento y diversas funciones lineales o linealizadas, tanto a la biomasa total como a sus componentes, seleccionando en cada caso la más adecuada. Las zonas de las acebedas de mayor densidad, superior a los 36.000 pies/ha, presentan un crecimiento medio en diámetro y en altura y una cantidad de biomasa por árbol significativamente menor que el resto.

Se han estudiado las características, evolución histórica e incidencia sobre la masa de los aprovechamientos ganadero, de leñas y de ramilla ornamental. Estos usos no sólo son compatibles con la conservación de las acebedas, sino que realizados adecuadamente resultan beneficiosos para este fin. Se ha desarrollado un modelo de árbol individual independiente de la distancia para la producción de ramilla ornamental de las cepas de acebo sin competencia lateral de la zona adyacente, y para la producción de leñas de los chirpiales en función de la densidad de la misma.

Se presenta una descripción del dispositivo experimental de tratamientos selvícolas enfocados a la conservación y la mejora de los aprovechamientos de las acebedas, así como los resultados obtenidos al realizar los tratamientos. En las últimas décadas, la acción del hombre sobre estos bosques ha decrecido enormemente perdiéndose algunos de sus usos tradicionales, y son las zonas más densas de las acebedas las que necesitan más urgentemente la realización de resalvos para disminuir su densidad y garantizar su persistencia.

Se han seleccionado cepas con buenas características para la producción de ramilla ornamental. Se ha desarrollado un método de estaquillado para el acebo, sencillo y práctico, que permite la reproducción masiva de la especie a partir de plantas seleccionadas y se ha puesto de manifiesto la viabilidad y potencialidad de las plantaciones de acebo para producción de ramilla ornamental en determinadas zonas de nuestro país con un nivel de cuidados adecuado.

Finalmente, se aportan unas recomendaciones prácticas para la gestión de las acebedas. Para la conservación de estos ecosistemas se considera fundamental una adecuada gestión del ganado; el fomento, regulación y desarrollo de sus aprovechamientos sostenibles, incluido el de corta de ramilla ornamental; y la realización de tratamientos selvícolas que sustituyan la pérdida de los aprovechamientos tradicionales de estas masas.

Se trata, en definitiva, de racionalizar y desarrollar las potencialidades de estos ecosistemas singulares, a los que el desarrollo socioeconómico ha ido cambiando de usos, para garantizar su persistencia a través de su aprovechamiento sostenible integral.

SUMMARY

Several aspects regarding the biology, ecology, silviculture and exploitation of the holly tree (*Ilex aquifolium* L.) are studied in this thesis, mainly focused on the conservation and improvement of the holly forests in the Northern Sistema Ibérico mountains, maintaining their traditional and present day uses, provided that they are compatible with their conservation, as well as the promotion of plantations for decorative sprays production.

The most important and broadest stands of holly tree in Spain are in the Northern Sistema Ibérico mountains. These do not occupy large extensions, but they are very special and valuable ecosystems, both ecological and economically. Although their origin is natural, their evolution and structure are clearly anthropic and their existence and present-day condition are due to the traditional exploitation, mainly grazing and fuelwood. These stands are usually in municipal forests and they are typical pasture lands for cattle and horses ("dehesas"). They are coppice forests with irregular structure and very heterogeneous densities, ranging from pasture lands with no tree canopy to pure holly stands with close or even congested canopy.

Studies about regeneration, structure, growth and biomass, as well as the establishment of experimental plots for silvicultural treatments were carried out in the holly forest of Garagüeta, the broadest and most emblematic holly forest in the region.

The regeneration in different tracts of this holly stand was also assessed as well as those factors influencing it and the sprouts after coppicing. Seedlings are rarely found, and only under close canopies and thorny shrubs. Regeneration is only clear in those zones with congested canopy, and it is mainly vegetative. The past and present-day rate of stocking seems to be one of the most important problems for regeneration, both sexual and agamic, and we can state that browsing is quite intense, making even impossible the regeneration. In the dense tracts, we have found problems of root competition for water and nutrients while in the open areas the limiting factors seem to be the high density of the herbage (due to the intense grazing) and the lack of seed rain. In any case, the holly tree sprouts strongly after being cut, irrespective of the age of the tree.

Moreover, the structure and composition have been described, both in close and open stands. Livestock has turned out to be the main factor affecting the holly forests, whose natural dynamics tend to produce very high density stands up to 25.000 stems/ha. Those individuals of 110 and over show weakening in their inner stems, the number of new sprouts is lower and the tallest stems are the outer ones. The tracts with congested canopy are characterised by their heavy density (about 25.000 stems/ha) and low values of height and quadratic mean diameter.

We also made a model for the biomass and the growth (both in height and diameter) for individuals in the open stands and for sprouts in the whole holly forest. Both diametral and height growth evolution were studied in every zone depending on the densities they bear, and the Richards' growth function was fitted through non-linear regression using the Marquardt method for the variable growth and several linear or linearized functions for the biomass and its components. Those zones with the highest density (36.000 stems/ha and over) show lower values of growth in diameter and height and also of biomass.

The characteristics, historical evolution and effects of the livestock and fuelwood and decorative sprays extraction have been examined. This kind of exploitation not only is compatible with the conservation of the holly forests, but they turn out to be beneficial if they are carried out properly. A tree-model has been developed for the production of decorative spray (for individuals without lateral competition in open stands), and for the production of fuel wood according to the canopy cover.

Further on, we present the set of experimental plots for silvicultural treatments focused on the conservation and improvement of the exploitations in holly forests, as well as the obtained results.

The human action on these woodlands has dramatically decreased so that some traditional uses have disappeared. The tracts with the closest canopy need urgent thinning to guarantee their future.

In addition, we selected individuals with good attributes for decorative spray production. An easy and practical rooting method was developed for the holly tree, and we showed the viability and potentiality of holly tree plantations for decorative sprays production provided that they are managed properly.

Finally, some practical advises are given for the management of the livestock, the promotion, regulation and development of sustainable exploitations, including the decorative sprays extraction, and the substitution of the disappeared traditional uses by adequate silvicultural treatments.

To sum up, our goal should be to rationalise and develop the potentiality of these outstanding ecosystems, whose traditional uses have been eliminated by the socioeconomical growth, in order to guarantee their future through an integral sustainable exploitation.

INDICE

I.- RESUMEN.	vii
II.- SUMMARY.	ix
III.- DEFINICIONES	xi
1.- Justificación y antecedentes.	1
2.- Objetivos.	5
3.- Introducción.	9
3.1.- Características de la especie.	11
3.1.1. Posición sistemática.	11
3.1.2. Etimología, nombres vulgares y variedades.	12
3.1.3. Descripción botánica y ecológica.	13
3.1.4. Distribución natural y hábitat en España.	15
3.2. Las acebedas del sistema ibérico norte.	17
3.2.1. Distribución.	17
3.2.2. Ecología.	18
3.2.3. Clasificación.	20
3.2.4. Usos y aprovechamientos.	20
3.3. El Acebal de Garagüeta.	23
3.3.1. Localización y situación geográfica.	23
3.3.2. Características climáticas.	23
3.3.3. Características geológicas, litológicas y geomorfológicas.	24
3.3.4. Características edafológicas.	25
3.3.5. Vegetación.	25
3.3.6. Fauna silvestre	25
3.3.7. Estado fitosanitario.	26
3.3.8. Usos y aprovechamientos.	26
3.3.9. Características de la comarca.	27
3.4. Plantaciones de acebo para producción de ramilla ornamental	29
3.4.1. Introducción	29
3.4.2. Antecedentes	30
3.4.3. Plantaciones.	31
3.4.3.1. Establecimiento de la plantación y tipo de planta.	31
3.4.3.2. Cuidados de las plantaciones	35
3.4.3.3. Recolección de las ramillas	37

I. Masas naturales de acebo del Sistema Ibérico Norte.

4.- Regeneración natural	43
4.1- Introducción	45
4.2- Regeneración por semilla en las acebedas.	45
4.2.1.- Factores que afectan a la regeneración.	45
4.2.2.- Muestreo previo.	48
4.2.2.1. Metodología	48
4.2.2.2. Resultados y discusión	48
4.2.3.- Evolución del regenerado en las zonas densas.	49

4.2.3.1. Metodología.....	49
4.2.3.2. Resultados y discusión.....	50
4.2.4.- Ensayos de regeneración en las zonas no arboladas.	59
4.3.- Rebrote del acebo.....	60
4.3.1.- Metodología	60
4.3.2.- Resultados	61
4.3.2.1. Primer año	61
4.3.2.2. Segundo año	63
4.3.3.- Discusión.....	64
5.- Estructura de la masa.....	67
5.1. Introducción.....	69
5.2. Metodología.	70
5.2.1. Toma de datos.	70
5.2.1.1. Zona adehesada.....	70
5.2.1.2. Zona de espesura trabada.....	71
5.2.2.- Elaboración y depuración de los datos.....	71
5.2.3. Estructura de la masa.....	72
5.2.3.1. Zona adehesada.....	72
5.2.3.2. Zona de espesura trabada.....	72
5.3. Resultados y discusión.	72
5.3.1. Zona adehesada.	72
5.3.1.1. Descripción general de las cepas.	72
5.3.1.2. Estructura y composición de las cepas.	74
5.3.1.3. Análisis estadístico de los datos.	81
5.3.1.4. Estructura y composición de la orla.	81
5.3.1.5. Estructura y evolución de una cepa ideal de características medias.	83
5.3.1.6. Reconstrucción histórica de las cepas de la clase 4.....	85
5.3.1.7. Comparación entre las reconstrucciones históricas y las cepas actuales.	89
5.3.2. Zona densa.....	91
6.- Crecimiento.....	97
6.1. Introducción.....	99
6.2. Metodología.	99
6.2.1. Análisis de troncos.	99
6.2.2. Selección y ajuste de las funciones de crecimiento.....	100
6.3. Resultados.	103
6.3.1. Estructura de los datos.....	103
6.3.1.1. Crecimiento medio anual en diámetro de los chirpiales	103
6.3.1.2. Crecimiento anual en altura de los chirpiales	105
6.3.1.3. Crecimiento anual en altura de las cepas	107
6.3.2. Correlación.	108
6.3.3. .Diferencias en el crecimiento entre la zona densa y adehesada	109
6.3.4. Crecimiento en la zona densa.	111
6.3.4.1. Diferencias de crecimiento entre estratos.	111
6.3.4.2. Ajuste de funciones de crecimiento.	115
6.3.4.2.1. Diámetro de los chirpiales.....	115
6.3.4.2.2. Altura de los chirpiales.....	120

6.3.5. Crecimiento en la zona adhesada.	122
6.3.5.1. Ajuste de funciones de crecimiento para los chirpiales.....	122
6.3.5.1.1. Diámetro de los chirpiales.	122
6.3.5.1.2. Altura de los chirpiales	125
6.3.5.2. Ajuste de funciones de crecimiento para las cepas.	129
6.3.5.2.1. Altura de las cepas	129
6.3.5.2.2. Diámetro de copa de las cepas.....	131
6.3.6. Evaluación estadística, validación y ámbito de aplicación de los modelos.....	134
6.6. Resumen de los modelos de crecimiento ajustados.....	136
7.- Biomasa.....	137
7.1. Introducción.....	139
7.2. Metodología.....	139
7.2.1. Selección y toma de muestras.	139
7.2.2. Cantidad y composición de la biomasa.....	140
7.2.3. Ajuste de modelos.....	141
7.3. Resultados.....	143
7.3.1. Características de la muestra.....	143
7.3.2. Contenido de humedad de la biomasa.	145
7.3.3. Cantidad y estructura de la biomasa.	146
7.3.4. Ajuste de modelos.....	148
7.3.4.1. Datos de partida.....	148
7.3.4.2. Modelos seleccionados para los chirpiales.	150
7.3.4.2.1. Biomasa Total.....	150
7.3.4.2.2. Leña Gruesa.....	151
7.3.4.2.3. Leña Fina.....	152
7.3.4.2.4. Chasca.	153
7.3.4.2.5. Hojas.....	153
7.3.4.3. Modelos seleccionados para las cepas.	154
7.3.4.4. Fiabilidad de los ajustes e intervalos de confianza.	154
7.3.4.5. Coherencia de los modelos.....	154
7.3.4.6. Ámbito de aplicación de los resultados.....	155
7.3.4.7. Retransformación y resumen de los modelos ajustados.....	156
8.- Principales Aprovechamientos de las Acebedas del Sistema Ibérico Norte.	159
8.1. Introducción.....	161
8.2. Legislación de protección del acebo en Castilla y León.	161
8.3. Revisión del modelo de ordenación de las principales acebedas del Sistema Ibérico Norte.	162
8.4. Aprovechamiento ganadero.....	163
8.4.1. Material y métodos.	163
8.4.2. Resultados.....	164
8.4.2.1. Extensión y composición de los pastos.....	164
8.4.2.2. Productividad de los pastos.....	164
8.4.2.3. Carga ganadera y articulación del pastoreo.	165
8.4.3. Discusión.....	168
8.5. Aprovechamiento de ramilla ornamental.....	169
8.5.1. Introducción	169

8.5.2. Características del aprovechamiento de ramilla ornamental en Estados Unidos y Canadá.	172
8.5.3. Ensayo experimental de intensidad de corta.	172
8.5.3.1. Metodología.....	172
8.5.3.1.1. Metodología para la medición de la densidad foliar de las cepas.....	174
8.5.3.1.2. Realización de los tratamientos	176
8.5.3.2. Resultados y Discusión.....	177
8.5.3.2.1. Cantidad y composición de la biomasa.....	177
8.5.3.2.2. Brotes producidos.	178
8.5.3.2.3. Evolución de la fructificación, el crecimiento y la densidad foliar.....	179
8.5.4. Modelo de producción de ramilla ornamental.....	181
8.5.4.1. Comprobación con el modelo propuesto de las intensidades de corta del ensayo de niveles de corta de ramilla ornamental.	182
8.5.5. Discusión.	183
8.6- Aprovechamiento de leñas.	185

9.- Tratamientos selvícolas..... 189

9.1. Introducción.....	191
9.2. Tratamientos selvícolas realizados.	191
9.2.1. Resalveo para la liberación de la competencia intraespecífica	191
9.3.2. Resalveo en cepas con claros síntomas de decaimiento.....	192
9.3.3. División de cepas de grandes dimensiones	193
9.3.4. Apertura de la masa densa.....	193

II. Plantaciones y Propagación de la especie.

10.- Selección de cepas..... 197

10.1.- Material y métodos.	199
10.1.1. Fases y criterios de la selección.	199
10.1.2. Características de la selección inicial.	199
10.1.3. Selección inicial.	200
10.1.4. Test de enraizamiento.....	200
10.1.5. Fase de vivero.....	200
10.1.6. Seguimiento en campo.	201
10.2.- Resultados.....	201
10.2.1. Test de enraizamiento.....	201
10.2.2. Fase de vivero.....	202
10.2.3. Comportamiento en campo.	203

11.- Propagación. 207

11.1.- Introducción	209
11.2.- Antecedentes.....	210
11.3.- Propagación vegetativa.....	212
11.3.1.- Material y métodos.....	212

DEFINICIONES

Acebeda, Acebar o Acebal, se utilizan indistintamente a lo largo de este trabajo para definir aquellos bosques cuya especie principal es el acebo. Según el diccionario de la Lengua Española es el “*sitio poblado de acebos*”.

Chirpial, es el “*pie joven procedente de brote de cepa o raíz de un árbol*” según el diccionario de la lengua española y “*brote de las cepas de los árboles y arbustos*” según Font Quer. Se ha utilizado este término con este último sentido generalizándolo para todos los pies.

Pie, según Font Quer es “*el término de uso corriente con el que se designa el tronco de árboles y plantas*”. En este trabajo se utiliza para referirse a un árbol individual con un único tronco, o chirpial, de los que componen las “cepas”, haciendo de él un uso más cercano a la definición de la Terminología Forestal Española (NEIRA & MARTÍNEZ, 1973): “*nombre genérico con que se designa a los árboles que componen una masa*”.

Cepa, según Font Quer es la “*base subterránea del tronco o del tallo de una planta viva unida directamente a la raíz, también se utiliza como estirpe o raza; y en sentido figurado como tronco de un linaje o punto de arranque se una serie filogenética*”. A lo largo de esta tesis se ha utilizado este término para definir al conjunto de chirpiales que constituyen un único grupo con aspecto de árbol individual en las zonas adehesadas de las acebedas siguiendo la filosofía de la definición del Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (1984): “*es el conjunto de plantas que tienen una raíz común*”.

Orla. Se ha utilizado este término, que según el Diccionario de la Lengua Española es “*la orilla de paños, telas, vestidos u otras cosas, con algún adorno que la distingue*” para nombrar la estructura peculiar de la fisionomía de las “cepas “ de acebo. Como consecuencia del ramoneo del ganado en la parte baja de la cubierta de los acebos maduros de las masas adehesadas de las acebedas, aparece una zona con aspecto de seto recortado, con hojas pequeñas, muy pinchudas y alabeadas, que recubre todo el perímetro de la cepa.

1. JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES



1. JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES.

Este estudio se centra en las acebedas del Sistema Ibérico Norte, con superficie notable y continua, prácticamente monoespecíficas, en las que de forma organizada y de manera tradicional desde hace siglos, se ha venido cortando y podando el acebo (*Ilex aquifolium* L.) para su aprovechamiento, bien para leña, o bien para alimentar al ganado; en la actualidad se aprovechan sus ramillas para adorno navideño.

A pesar de su reducida representación en la Península Ibérica, unas 15.000 ha, estas masas son especialmente valiosas por su singularidad, la utilidad de sus productos y la protección que proporcionan al ganado y a la fauna silvestre.

El acebo es especie protegida en casi la totalidad del territorio español. El Decreto 341/1991, de 28 de Noviembre, establece su régimen de protección en el territorio de la Comunidad Autónoma de Castilla y León, prohíbe totalmente su corta, así como su comercialización excepto en origen, y manifiesta la necesidad de realizar los estudios y trabajos oportunos para la conservación y mejora de las acebedas.

Ya en el Fuero de Soria (1196) se citan los aprovechamientos ganaderos y forestales de las acebedas, pero no ha quedado ningún documento escrito en el cual se describan con detalle las cortas, las intensidades de poda o la forma de realizar las mismas, ni por supuesto, estudios científicos sobre el tema. Por eso, ante el continuo y progresivo deterioro de estas masas forestales desde el abandono de sus usos tradicionales, a pesar de la larga tradición de cortas existente, es necesario establecer estudios sobre los tratamientos selvícolas aplicables a estas masas, de origen claramente antrópico, para su conservación.

Los trabajos publicados sobre esta especie, en su mayoría en otros países, se centran fundamentalmente en temas generales de botánica (POTT, 1990), ecología y dinámica de las poblaciones naturales o seminaturales existentes en Gran Bretaña (PETERKEN & HUBBARD, 1972; PETERKEN, 1965; THOMSON, 1975; MORGAN, 1987), la propagación de la especie (RICHARDS, 1988; PETERKEN, 1966) y en diversos aspectos de las técnicas de cultivo utilizadas en las plantaciones para la producción de ramilla ornamental existentes en Canadá y Estados Unidos (ROBERTS & TICKNOR, 1970; ROBERTS & BOLLER, 1948; HUME, 1953; GALLE, 1997; LITTLER, 1974). En España destacan los trabajos publicados sobre tipificación y estudio del origen, composición, y dinámica de las acebedas en la Sierra de Invernadeiro



(Galicia) (CASTROVIEJO, 1977), en Castilla y León (ORIA DE RUEDA, 1990 y 1992), en la Sierra de Segundera (Zamora) (CASASECA *et al.*, 1990), y a nivel peninsular (RUIZ DE LA TORRE, 1984); existen también varios estudios relacionando la diseminación y el consumo de semillas de acebo por las aves (GUITIÁN, 1989; MONTOYA, 1996; ARRIETA, 1999); además, MONTOYA (1995) da una serie de criterios sobre la ordenación de las acebedas para su conservación; OBESO (1997 y 1998) realiza varios estudios en las acebedas de la Cordillera Cantábrica dedicados a la producción de fruto, los costes de reproducción en la planta y a la inducción de espinas en la hoja por el efecto del ramoneo de los ungulados; y finalmente, MORTE & OLMOS (1991) desarrollaron la micropropagación de la especie..

Una primera ordenación integral de las principales acebedas de Castilla y León, realizada por J.M. Montoya, fue aprobada en febrero de 1996 regulándose sus aprovechamientos con los escasos conocimientos existentes sobre la especie, y la Junta de Castilla y León, a través del Departamento de Investigación Forestal de Valonsadero, abordó la realización de una serie de estudios selvícolas con el objetivo primordial de conservar estas masas aprovechándolas; en este marco se enclava esta Tesis Doctoral.

Se recogen en ella los estudios de selección de planta en masas naturales, propagación del acebo y plantaciones experimentales del mismo; crecimiento y biomasa de pies individuales y cepas; dinámica, estructura y evolución de las cepas de acebo y de las acebedas; y aprovechamientos y aplicación de técnicas selvícolas en las mismas.

2. OBJETIVOS



2. OBJETIVOS.

El objetivo de esta tesis es el estudio de distintos aspectos de la biología, selvicultura y aprovechamientos del acebo enfocados a la conservación y mejora de las masas naturales existentes en el Sistema Ibérico Norte manteniendo los usos y aprovechamientos, actuales y tradicionales, compatibles con su conservación, y a la promoción de su cultivo para aprovechamiento de ramilla ornamental: en suma, su aprovechamiento sostenible.

Para ello se han desarrollado dos líneas de trabajo:

- I. Estudio de las masas naturales de la especie existentes en la zona de trabajo y de los efectos de los aprovechamientos y tratamientos selvícolas aplicables en las mismas.
- II. Estudio de la propagación de la especie y viabilidad de sus plantaciones.

1. Selvicultura, aprovechamientos, dinámica y evolución del acebo en las masas puras naturales del Sistema Ibérico Norte.

Los objetivos específicos de esta línea de trabajo son:

- Analizar las formas de reproducción natural del acebo, con especial referencia a la problemática de la regeneración por semilla y a la incidencia del ganado sobre el regenerado.
- Caracterizar las masas puras de acebo analizando su composición, estructura, edad, densidad, crecimiento y biomasa.
- Analizar las diferencias en el crecimiento, la cantidad y la composición de la biomasa de los acebos, tanto en las masas adehesadas como en las de espesura trabada, modelizando además el crecimiento y la biomasa de los chirpiales y de sus cepas, en función de la densidad de la masa.
- Estudiar los principales aprovechamientos de las acebedas, en especial el efecto del aprovechamiento de ramilla ornamental con cortas de distinta intensidad y por trasmochos.
- Aplicar los modelos de crecimiento y biomasa de las cepas de acebo a la racionalización y optimización de sus aprovechamientos.



- Establecer tratamientos selvícolas para la conservación de las acebedas. Propuesta de tratamientos selvícolas adecuados para la conservación y mejora de las acebedas, e instalación de parcelas experimentales con los tratamientos .

II. Propagación y plantaciones experimentales de acebo.

Esta línea de trabajo encaminada a la propagación y difusión del uso de la especie tiene los siguientes objetivos específicos:

- Seleccionar acebos de características fenotípicas sobresalientes para la obtención de ramillas decorativas y conservar el material seleccionado mediante el establecimiento de bancos clonales.
- Estudiar la propagación en vivero del acebo y desarrollar un método de propagación vegetativa por estaquillado.
- Fomentar el cultivo del acebo con la realización y seguimiento de plantaciones experimentales de cultivo intensivo de acebo para la producción de ramilla ornamental experimentando las técnicas utilizadas en otros países, y de repoblaciones en terrenos forestales para estudiar su viabilidad.

3. INTRODUCCIÓN



3. INTRODUCCIÓN.

3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE.

3.1.1. Posición sistemática

La posición taxonómica del *Ilex aquifolium* L. según el Código Internacional de Nomenclatura Botánica (STAFLEU, 1972) es la siguiente:

División: *Magnoliophyta*
Clase: *Magnoliopsida*
Subclase: *Rosidae*
Orden: *Celastrales*
Familia: *Aquifoliaceae*
Género: *Ilex*
Subgénero: *Aquifolium*
Sección: *Aquifolium*
Serie: *Aquifolioides*
Especie: *Ilex aquifolium*

Figura 3.1. Posición sistemática del acebo (STAFLEU, 1972).

La familia Aquifoliaceae, descrita por Bartling en 1830, agrupa árboles y arbustos distribuidos por los trópicos y países templados de todo el mundo, con su mayor número de especies concentradas en Asia y América, pertenecientes a cuatro géneros: *Byronia*, *Ilex*, *Nemopanthus* y *Phelline*.

El género *Ilex* es el más amplio, con 30 especies caducifolias y mas de 780 perennifolias extendidas por las regiones templada, subtropical y tropical de todos los continentes y ambos hemisferios.

Las plantas del género *Ilex*, son arbolillos o arbustos; con hojas perennes, lustrosas, coriáceas, a menudo con dientes espinosos; dioicas, con flores blancas aunque cada flor presenta vestigios del propio sexo, flores tetrámeras normalmente, estigma sentado con cuatro lóbulos, tienen el cáliz en forma de copa lobulada, la corola tiene normalmente cuatro pétalos; el fruto, que es rojo y vistoso, es un nuculanio.

Este género es genéticamente muy plástico, presenta una gran diversidad de formas debido a su extensa distribución y su representación en infinidad de microclimas diferentes, en general se trata de arbolillos o arbustos de grandes dimensiones y de crecimiento lento, entre 5 y 15 cm anuales (GALLE, 1997). Existe además un alto grado de hibridaciones entre las diferentes especies de este género que habitan en las mismas zonas y florecen al mismo tiempo (RICHARDS, 1988).

Encontramos fósiles que indican que el género *Ilex* existía ya antes de la separación de los continentes. Los análisis polínicos atribuyen al género *Ilex* su primera aparición al principio del Cretácico en Australia. Se han encontrado fósiles de más de 250 especies en todos los continentes excepto en la Antártida, muchos de ellos presentaban características similares a las actuales (POTT, 1990).

La dispersión y diversificación del género *Ilex* se produjo fundamentalmente a partir de tres focos. El más importante tuvo su centro en el este Asiático y Japón , en este área aparecen mas de 300 especies; el segundo es Latinoamérica y Brasil, en el cual se encuentran



cerca de 320 spp.; y el tercero es la península de Malaya y los archipiélagos cercanos, con 50 spp. Hay otros pequeños centros de dispersión en la zona Indo-Himalaya, Norteamérica, Europa, el oeste asiático, África y Australia (POTT, 1990).

En la Península Ibérica, y también en Europa continental, el único representante de este género es el *Ilex aquifolium* L. Mediante métodos geobotánicos R. POTT (1990) reconstruyó la migración del acebo (*Ilex aquifolium*) desde el Noroeste de Europa hasta refugios al sur de España durante las glaciaciones en los periodos Boreal y Atlántico. La disposición general este-oeste de los sistemas montañosos europeos es la causa comunmente admitida de la escasez en el viejo continente de las especies de este género (Al igual que sucede en el caso de otros géneros de gran importancia forestal como *Pinus* y *Quercus*), al faltar aquí “canales de huida o desplazamiento norte-sur” frente al avance y retroceso de las glaciaciones.

En Canarias aparece el *Ilex canariensis* Poir., un árbol o arbusto perenne de no más de 10 m de altura propio de la laurisilva, aunque también es frecuente en bosques de fayal-brezal, e incluso en pinares húmedos de pino canario; y el *Ilex platyphylla* Merrill, endémico de Canarias y mucho menos extendido.

3.1.2. Etimología, nombres vulgares y variedades.

El nombre genérico *Ilex* fue utilizado por primera vez por Carl Linneaus en su *Systema Naturae* (1735) y repetido en múltiples de sus obras incluyendo *Species Plantarum* (1953), la cual es la base de la nomenclatura botánica actual.

Como observaciones, podemos decir que *Ilex* es el nombre que se daba a la encina entre los romanos y se aplicó al acebo por similitud entre las hojas de estas dos plantas con hojas perennes espinosas (FONT QUER, 1987). El nombre específico, *aquifolium*, significa también “hojas con espinas”, el término “ac” procede de las lenguas celtas y quiere decir “punta” (GALLE, 1997).

Otros nombres científicos que ha recibido esta especie son:

- *Aquifolium ilex* Scop.,
- *Aquifolium vulgare* St-Lager,
- *Ilex aculeata* Grisl.

Los nombres vulgares más comunes con los que se denomina a esta planta en diferentes idiomas son los siguientes:

- En inglés: Holly, English holly.
- En francés: Houx.
- En alemán: Hülstrauch, Strechpalme.
- En italiano: Agrifoglio, Agrifolio, Alloro-spinoso.
- En portugués: Acevinho, Aranhões.
- En castellano: Acebo, Agrifolio, Aquifolio, Carrasco, Cardón (Aragón), Gorosti (Asturias), Hereu (Valle de Aran), Cedro o Cebro (Cádiz y Málaga).
- En catalán: Grévol, Grevoler, Boix grévol, Arbre de visch (Baleares).
- En gallego: Acevinho, Teio, Visqueiro, Zebro, Espinha-sempre-verde.
- En vasco: Garratz, Gorosti, Goroztilla.

La gran abundancia de nombres vulgares prueba el tradicional conocimiento y uso de la especie entre la población de todas las zonas donde aparece.

Se han descrito dos variedades en el *Ilex aquifolium* L.:

- var. *balearica* Wk. = *Ilex balearica* Desf. = *Ilex aquifolium* var. *perado* Ait. = *Ilex aquifolium* L. var. *barcinonae* Pau. = *Ilex aquifolium* L. fma. *balearica* Laguna. = *Ilex perado* Wk., habita en Baleares, Sierra de Algeciras y de El Aljibe (Cádiz),



Norte de África (Rif y Medio Atlas), Azores y Madeira; con hojas más grandes y de mayor talla, es propia de climas más cálidos,

- y la var. *typica*, que es la que se encuentra más comúnmente en la Península Ibérica, y es la que aparece en la zona objeto de este estudio.

Ya desde 1670 están descritos los primeros cultivares de *I. aquifolium*, en 1880 T. Moore describe más de 153 cultivares de acebo utilizados en Inglaterra (BLANKEN, 1994). Actualmente en jardinería existe una larguísima lista de cultivares e híbridos, con variedades de muy diversas morfologías capaces de adaptarse a cualesquiera condiciones climáticas (FISHER, 1986). Se conocen más de 200 variedades de cultivo utilizadas en el mundo entero y divididas en dos grandes grupos: Argentea y Aurea (GALLE, 1997).

3.1.3.- Descripción botánica y ecológica

El acebo es un arbolillo siempreverde de 2-10 m de talla, pudiendo alcanzar cultivado hasta unos 16 m. Tronco recto con corteza lisa y de color verdoso, más tarde se vuelve pardo-grisácea, áspera y agrietada. Copa muy ramosa y espesa. Ramas erectas de corteza verde lustrosa; en las viejas lisa y grisácea. Ramillas jóvenes verde oscuras.

En zonas adhesadas y con presencia de ganado normalmente se presenta en grandes cepas cónicas de copa amplia, que llega habitualmente hasta el suelo, densa y compacta, compuesta en su interior por multitud de troncos procedentes de brotes de raíz, cepa y acodos. Rara vez constituye un árbol propiamente dicho con un tronco bien definido, salvo tras la realización de tratamientos culturales selvícolas o cuando aparece en masas adultas muy densas.

Las hojas son planas, simples, persistentes, lampiñas, alternas, muy rígidas y coriáceas, de 3-10 cm de largo y 2-5 cm de ancho, con margen cartilaginoso, bordes ondulados, provistos frecuentemente de agujas punzantes, de ovales a oblongo-ovales en su contorno, sin estípulas; poseen un peciolo corto pubescente, bien desarrollado, con un surco. Verdes oscuras por el haz y más claro el envés, totalmente lampiñas y lustrosas. Brota su follaje a partir de mayo -junio (CEBALLOS & RUIZ DE LA TORRE, 1979).

El margen de la hoja cambia con la edad de la planta: las hojas de las partes más elevadas del árbol tienden a tener el borde más liso y a no ser punzantes, al carecer de agujas, excepto en su ápice; por el contrario, y para defenderse, se hacen especialmente punzantes las hojas de las partes bajas, y más, si están comidas por el ganado o si el árbol se somete a podas. Esta adaptación supone una defensa contra los animales ramoneadores, el acebo es una especie que habita en zona de caducifolias y que, por el hecho de ser perennifolia, constituye para ellos una atractiva reserva de follaje verde durante el crudo invierno. La hoja permanece en el árbol de 3 a 5 años (HUME, 1953).

Las flores son pequeñas de 5-6 mm, cortamente pedunculadas, poco llamativas, blancas o sonrosadas y olorosas; nacen en la axila de las hojas en ramilletes o algunas veces solitarias, en el crecimiento del año anterior; son poligamodióicas, ambos sexos presentan vestigios del otro sexo en forma de ovario rudimentario o de los filamentos estaminales con antenas no fértiles, raras veces hermafroditas (GALLE, 1997). Cáliz verdoso. El cáliz y la corola tienen cuatro piezas, raramente cinco, algo soldadas en la base. Estambres en igual número que los pétalos y alternándose con ellos. Ovario supero, sentado y subgloboso, sincárpico, constituido por cuatro lóbulos y contiene cuatro primordios seminales (OBESO, 1997).

En nuestras latitudes florece de abril a julio. Las primeras flores aparecen con el primer brote de las hojas (CEBALLOS & RUIZ DE LA TORRE, 1979). La floración resulta muchas veces dañada por las heladas tardías, especialmente en los fondos de valle con mal



drenaje de aire frío, lo que genera en el acebo una cierta vecería en la fructificación (a la que pueden contribuir además otras causas).

La polinización es entomófila. Son flores melíferas, las abejas contribuyen a su polinización, dando además un néctar de excelente calidad (PETERKEN & LLOYD, 1967).

La planta no comienza a florecer hasta los 4-12 años de edad (KRÜSSMANN, 1978), haciéndolo los machos a los 4-6 años, y las hembras, a los 8-10 años (RICHARDS, 1988).

El fruto es una drupa carnosa, de color rojo coral, raramente amarillo vivo, globoso de 7-10 mm de diámetro, con dos o mas carpelos, generalmente cuatro, con una semilla por carpelo dentro de un endocarpo rígido con forma alargada y de sección triangular de 2-3 mm de ancho y unos 5 mm de largo, denominados pirenos (GALLE, 1997).

Los frutos maduran en octubre-noviembre y se mantienen durante mucho tiempo en el árbol, ya que al tener dispersión endozoócora permanecen en el mismo hasta que los animales lo comen (KRÜSSMANN, 1978); en zonas protegidas de las inclemencias meteorológicas pueden permanecer en el árbol incluso un año. Son los túrdidos, los córvidos, e incluso las perdices los encargados de su diseminación. Como consecuencia de esta forma de dispersión, a través de las aves, aparece el acebo muchas veces en forma de árboles aislados, más o menos asociados a otras especies ornitócoras (espinos), y muchas veces bajo los doseles de otros árboles de mayor talla que sirven a las aves de dormideros (MONTROYA, 1994).

El potencial germinativo de la semilla está, en general, alrededor del 60% y se mantiene durante 3 o 4 años. La semilla presenta una germinación muy irregular y dispersa en el tiempo. La cubierta de la semillas es dura pero permeable al agua (CATALAN, 1990). La proporción natural de sexos, que aparece en la propagación por semilla, es de una planta femenina por cada una masculina (RICHARDS, 1988).

El sistema radical es más bien profundo, bastante extenso y con muchas raíces superficiales, que dan origen con su masivo rebrote a densas matas tras las cortas o quemas, y especialmente en los suelos superficiales, en los que profundizan poco las raíces, o en las masas muy abiertas en las que la ausencia de concurrencia lateral permite un reparto más superficial a los sistemas radicales (MONTROYA, 1979). El vigor de su rebrote de raíz, y su capacidad de acodarse, hacen que sea una especie muy adaptada a las cortas en monte bajo y a los incendios forestales, tras los cuales rebrota con inusitado y sorprendente vigor.

Su hábitat se extiende por casi toda Europa, Norte de África, Asia Menor, Cáucaso, Transcaucasia y Norte de Persia. Tiene un puesto avanzado hacia el Este en Hupeh, en China Central, y se cita en la India, aunque esto último no se ha comprobado.

En la actualidad el acebo en Europa se extiende fundamentalmente por las regiones templadas del oeste y suroeste de las costas europeas, en las montañas de la región mediterránea y en sus islas: Mallorca, Corcega, Cerdeña, etc. Este área puede verse en el mapa de la figura 3.2, tomado de MEUSEL (1967, citado en POTT (1990)).

La frontera actual del acebo hacia el norte sigue aproximadamente la isoterma de 0 °C en enero (MEUSEL, 1943), y según PETERKEN & LLOYD (1967) está ausente de las zonas cuyo temperatura media del mes más frío es menor de -0,5 °C. Así, destacaremos que las repetidas heladas extremas, los fríos invernales con temperaturas por debajo de -20 °C, reducen demasiado la fuerza competitiva del acebo.

El *I. aquifolium* ocupa en Noruega hasta los 64° de latitud norte, y en Escocia hasta el 59°. El lugar más oriental en que se encuentra es en la zona costera de Rügens, y en una línea desde Viena al Bodensee (norte de Alemania), se encuentra el acebo en la parte norte de los Alpes (PETERKEN & LLOYD, 1967).

La frontera sur de difusión del acebo en Europa queda delimitada con toda probabilidad por el aumento de la sequía. Por ello, el acebo se encuentra enmarcado en la zona mediterránea sobre todo en zonas montañosas con cierta humedad atmosférica.

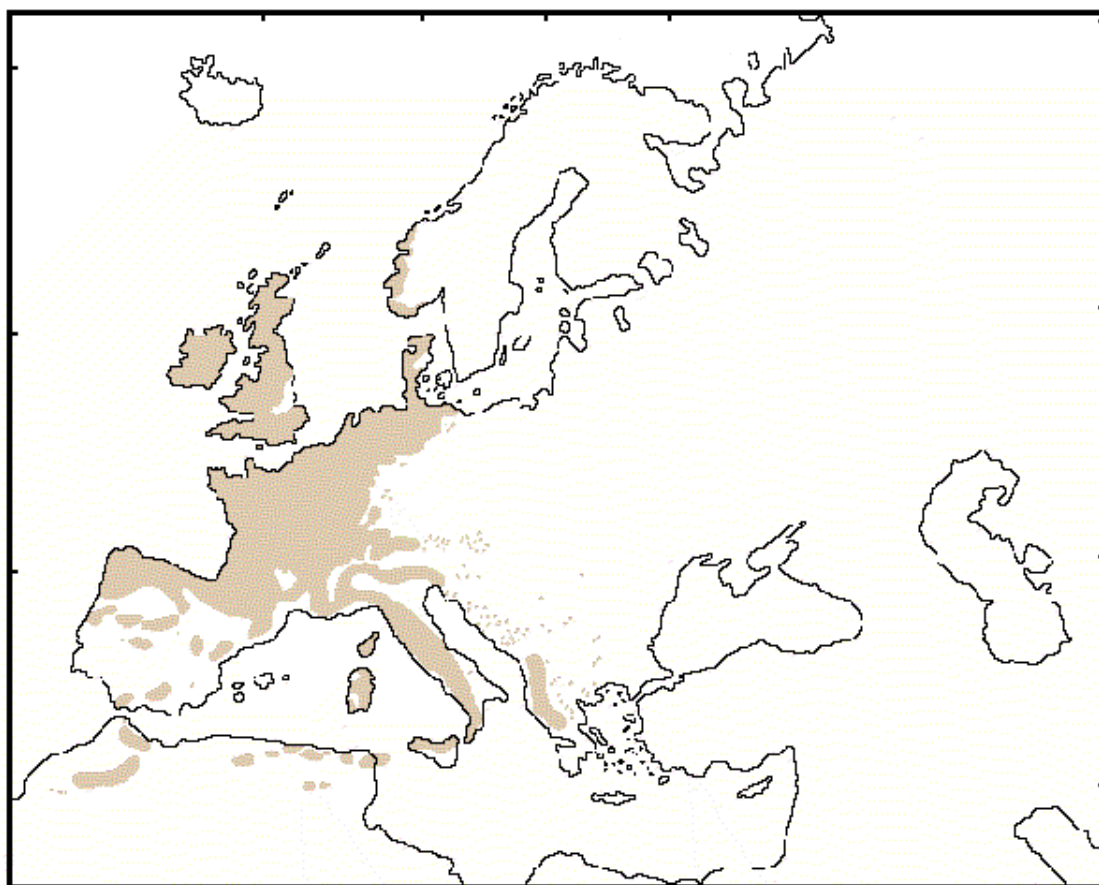


Figura 3.2. Mapa de distribución natural del acebo (*Ilex aquifolium* L.) en Europa (MEUSEL (1967), citado en POTT (1990)).

En cuanto a su área de distribución pasada, se desprende de los hallazgos fósiles que el género *Ilex* en la parte final del terciario se difundió de forma estable como una vegetación subtropical en Europa (POTT, 1990).

Durante los sucesivos episodios glaciales del Pleistoceno, el acebo buscó refugio en el sudoeste mediterráneo y en el archipiélago Canario. También se considera climáticamente apropiado como territorio de retirada en el periodo glacial la zona de los Arales, Mar Caspio y el Cáucaso (WALTER, 1986).

3.1.4. Distribución natural y hábitat en España.

En España ocupa sobre todo áreas de montaña en la mitad norte. Es más escaso en la mitad meridional, encontrándose en ella en Extremadura, Montes de Toledo, Andalucía Occidental, Sierra de Cazorla, etc. (CEBALLOS & RUIZ DE LA TORRE, 1979). Aparece, pero es sumamente escaso, en Sierra Nevada (en Granada y, sobre todo, en Almería). En las Islas Baleares aparece la variedad *balearica* (ORIA DE RUEDA, 1992).

Habita entre los 800 y 1600 m de altitud principalmente, aunque en algunas zonas en Sierra Nevada y Sistema Ibérico sobrepasa los 1800 m y en el litoral atlántico y cantábrico desciende casi hasta el nivel del mar, cerca de los acantilados costeros, soportando aires salinos.

El acebo es una especie de carácter templado propia de los pisos montano y subalpino de la región eurosiberiana. En el piso montano tiende a las umbrías o a los lugares con



humedad edáfica constante, y en el subalpino, más frío, busca el calor de las solanas siempre que sean húmedas. Frecuentemente habita también en la región mediterránea, siendo en ella una especie típica del piso supramediterráneo.

Requiere suelos frescos y protegidos, por lo que se refugia casi siempre en las umbrías o en el interior de los bosques, abunda más sobre suelos silíceos.

Es una especie que requiere humedad, necesita para vivir un mínimo de 600 mm de precipitación anual, no tolerando las sequías pronunciadas (RUMINE, 1984), aunque presenta adaptaciones xerofíticas.

Es resistente a heladas fuertes, su barrera climática, en cuanto a temperatura mínima se refiere, oscila entre -20 a -22 °C como máximo (CALLAUGH, 1983). La temperatura óptima de crecimiento del acebo es de $10-12$ °C (SINISCALCO & MONTACHINI, 1989).

Es un arbolillo o arbusto secundario o acompañante de los pinares de *Pinus sylvestris* o en los hayedos y robledales. Aparece también en la orlas de muchos bosques, en diversos matorrales de degradación, y en algunas zonas encontramos acebedas o acebares, masas casi monoespecíficas en las que el acebo constituye la especie principal. Estas formaciones ocupan pequeñas extensiones en la Península Ibérica, apareciendo con mayor frecuencia en las áreas septentrionales húmedas y no excesivamente frías.

Mientras que en la Europa atlántica crece perfectamente a plena luz, formando magníficas comunidades arbóreas, en condiciones límites de habitación por exceso de frío o sequía necesita la protección de otros (CEBALLOS & RUIZ DE LA TORRE, 1979). En general, podemos considerar que tiene un temperamento forestal de media sombra, es decir, que resiste bien la sombra y en sus primeras edades la necesita, siendo las plantas jóvenes bastante sensibles al sol y al viento (MONTROYA, 1994).

Este temperamento permite a sus masas alcanzar espesuras y áreas basimétricas muy elevadas. Resiste la sombra de otras plantas, incluso en los hayedos, y a su vez genera rodales muy espesos y sombríos en su interior.

En las zonas donde el acebo se presenta formando parte del sotobosque de otras especies, como el haya, el pino silvestre o el roble, es habitual encontrar gran número de plántulas procedentes de semilla de esta especie. Por otro lado, en las masas puras de acebo, cuando se encuentra libre de competencia lateral se extiende por medio de brotes de raíz y acodos. En estas acebedas escasean las plántulas debido al ganado que pasta libremente por ellas y al elevado grado de encespedamiento por el exceso de carga ganadera.

El *Ilex aquifolium* es una especie de gran amplitud ecológica, manteniendo una estrecha relación con diferentes comunidades vegetales. Fitosociológicamente es una planta característica de la clase *Querc-Fagetea* (STEBBINS, 1977).

Es una especie muy resistente a la contaminación atmosférica, tanto urbana como industrial (SAVILL, 1991).

En los países de influencia céltica el acebo ha jugado un destacado papel, su área se ha extendido artificialmente por zonas de pastizales y brezales atlánticos, procedentes de la destrucción previa del bosque original. El valor de la madera para fabricar piezas menores de uso artesanal y agrícola, además de su empleo como apreciado combustible y la protección y alimento del ganado y las especies de caza favoreció las plantaciones tanto en forma de setos que bordean pastos y fincas como en grupos aislados. Las acebedas españolas poseen igualmente un valor económico y ecológico muy elevado; el hombre las ha mantenido, cuando no favorecido directamente, desde hace siglos debido a la utilidad de sus productos y a la protección que proporciona al ganado y a la caza (ORIA DE RUEDA, 1992).

Las principales acebedas españolas se localizan en el Macizo Galaico (Orense), Cordillera Cantábrica (Lugo, León y Asturias principalmente) y Cordillera Ibérica (Soria, Burgos, La Rioja...), además de los Pirineos y el Sistema Central (Segovia), en menor



proporción en los Montes de Toledo, Sierras de Cazorla, Segura y Alcaraz, Cordillera Costero-Catalana y algunas montañas levantinas.

3.2.- LAS ACEBEDAS DEL SISTEMA IBÉRICO NORTE

3.2.1. Distribución.

En el Sistema Ibérico Norte se encuentran algunas de las más importantes acebedas de la Península Ibérica, también denominadas “acebales” o “acebares”. Su núcleo principal está situado al norte de la provincia de Soria, entre el puerto de Piqueras y la Sierra del Rodadero, a unos 8 km al este del puerto de Oncala (Sierras de Cebollera, Montes Claros, Rodadero, Tabanera, y Valle del Alto Tera). Está situado en la separación de las cuencas del Duero y el Ebro y sus altitudes medias oscilan entre 1200 a 1700 m, siendo las cotas intermedias las que tienen mayor presencia de acebo. Se localiza cartográficamente en las hojas 318 y 280 del Mapa Topográfico Nacional, escala 1:50.000, del Instituto Geográfico.

Destacan también algunas zonas limítrofes: la Sierra de la Demanda, el Valle de Valdelaguna y Pradoluengo (Burgos y La Rioja); las Sierras de Urbión y Cameros desde el puerto de Santa Inés hasta Montenegro de Cameros (La Rioja y Soria); y las Sierras del Almuerzo, Madero, Alcarama y Moncayo (Soria).

Los acebares que componen este núcleo principal del Sistema Ibérico Norte se pueden distribuir en tres grupos de acuerdo con su posición geográfica y son los siguientes:

I.- Montes de la Vertiente Sur de los Montes Claros

- Acebar de Castilfrío de la Sierra, denominado “Robledal”, inscrito en el Catálogo de Montes de Utilidad Pública con el número 123 y una extensión de 276 ha.
- Acebar de Estepa de San Juan, denominado “Dehesa”, M.U.P. nº 133, de 176 ha de extensión.
- Acebar de Ventosa de la Sierra, denominado “Dehesa Boyal”, M.U.P. nº 317, de 188 ha de extensión.
- Acebar de Arévalo y Torrearévalo de la Sierra, denominado “Garagüeta”, M.U.P. nº 110, con una extensión de 406 ha, de las cuales 180 ha están ocupadas por una masa pura de acebo, siendo sin duda el acebal más extenso de la Península Ibérica.

II.- Montes de la parte baja del Puerto de Piqueras

- Acebar “Adovezo-Avellanosa”, M.U.P. nº 319, situado en Barriomartín perteneciente al Ayuntamiento de La Póveda, con una extensión de 260 ha.
- Acebar “Prado Concejo y Vieja”, M.U.P. nº 267, situado en Barriomartín perteneciente al Ayuntamiento de La Póveda, con una extensión de 44 ha.
- Acebar de La Póveda, “Dehesón” M.U.P. nº 111, situado en La Póveda con 939 ha;
- Acebar “Dehesilla”, M.U.P. nº 304, situado en el término municipal de Almarza, propiedad del Ayuntamiento de Gallinero, con una superficie de 125 ha.
- Acebar de Arguijo, denominado “La Lastra”, M.U.P. nº 157, con 59 ha de superficie.
- Acebar “Celadillas”, M.U.P. nº 349, propiedad del estado (SO-1.034) situado en La Póveda y con una extensión de 64 ha.



III.- Montes de la vertiente Norte de la Sierra de Montes Claros

- Acebar del Collado de San Pedro, denominado “Dehesa”, es propiedad de particulares y no es M. U.P., con 40 ha.
- Acebar de Oncala, denominado “Dehesa”, M.U.P. nº 25, de 118 ha de extensión.
- Acebar de Las Aldehuelas, denominado “Acebosa”, es propiedad de particulares y no es M.U.P., con una extensión de 50 ha.
- Acebar de Vizmanos, sin denominación, M.U.P. nº 314, perteneciente a particulares, y con 44 ha de extensión.

La localización exacta de estas acebedas puede verse en la figura 3.3.

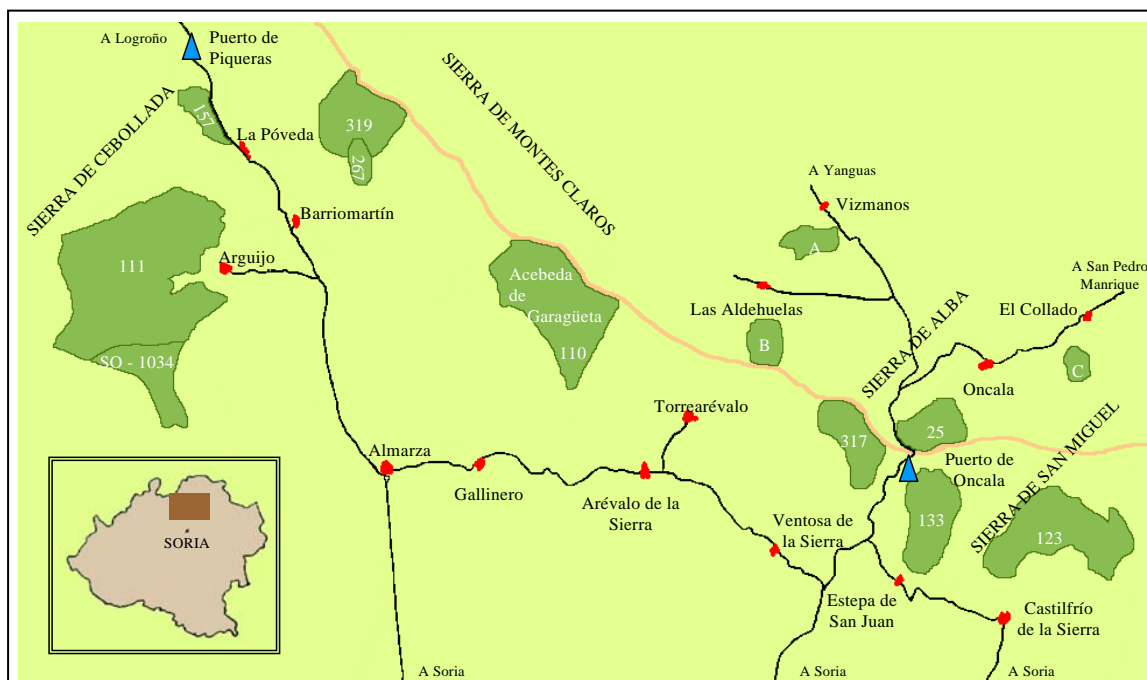


Figura 3.3. Croquis de localización de las principales acebedas del Sistema Ibérico Norte.

3.2.2. Ecología.

Las tierras que ocupan actualmente las acebedas fueron en la antigüedad patrimonio del “Honrado Consejo de la Mesta”, son zonas de escasa vegetación arbórea predominando los pastizales en degradación debido al descenso progresivo de la cabaña ganadera en estas zonas.

Estas acebedas, al tener un origen claramente antrópico, están localizadas en las “dehesas”, montes que constituían las zonas de pasto del ganado vacuno principalmente, y casi todas son Montes de Utilidad Pública. Están rodeadas de vallas de piedra, y es fácilmente identificable su extensión, aunque el abandono de los usos y aprovechamientos tradicionales junto con la disminución de la carga ganadera en la mayoría de los montes han facilitado que en algunos casos se hayan expandido fuera de los límites de las dehesas. Su extensión oscila en la mayoría de estas masas entre las 20 y 120 ha, aunque la superficie de los montes en los que se encuentran es mayor, llegando incluso a sobrepasar las 1.000 ha. El total aproximado de la superficie ocupada por masas puras de acebo en la Península Ibérica es de unas 15.000 ha (ORIA DE RUEDA, 1992). En la provincia de Soria, los montes públicos con presencia significativa de acebo abarcan un total de 2.540 ha.



En esta zona las acebedas aparecen desde los 1250 m de altitud y llegan hasta los 1600 m, aunque su óptimo se sitúa entre los 1350-1550 m de altitud.

Aunque penetran claramente en zonas climáticas mediterráneas, estas formaciones no soportan sequías prolongadas, la desecación del suelo al final del estío parece ser su principal limitante; suelen aparecer en terrenos muy sueltos y situados preferentemente en zonas con aportes y escurrimientos suplementarios de agua. Prefieren las laderas de las grandes sierras o sierras principales en las cuales se producen fenómenos de escurrimiento de agua, no apareciendo en ejes secundarios de menor altitud.

Climáticamente esta zona se caracteriza por ser extremadamente fría y bastante lluviosa, como se refleja en la tabla 3.1, con una diversidad interna muy poco acusada, aunque con presencia de veranos secos la sequía estival es escasa. Los encontramos con climas templado-frío y frío templado, con inviernos frescos y fríos, en ombroclimas preferentemente húmedos.

Tabla 3.1. Datos climáticos medios de la Sierra de Montes Claros (Soria) a una altitud media de 1550 m.

Sierra de Montes Claros (Soria) 1.550m	
Temperatura media anual	< 10 °C
Temperatura máxima absoluta	35 °C
Temperatura media de las máximas del mes más cálido	25 °C
Temperatura media de las mínimas del mes más frío	-5 °C
Temperatura mínima absoluta	-17 °C
Periodo de helada segura	6-7 meses
Periodo de helada probable	3-6 meses
Periodo de sequía estival	< 1,5 meses
Precipitación anual	800 mm

En cuanto al suelo, los acebares más extensos ocupan terrenos silíceos, aunque no son raros sobre calizas descalcificadas. Prefiere los suelos ácidos, aunque enriquecidos con algunos cationes, no llegando a la acidez extrema. El pH edáfico idóneo está próximo a la neutralidad, variando entre 4 y 7, pudiendo tolerar incluso 8 (GALLE, 1997). Son suelos no muy profundos, frescos y con buen drenaje. Exige suelos permanentemente húmedos, pero no resiste los encharcamientos prolongados. Textura desde arenosa a franca, pasando por la arcillo-limosa. Prefiere suelos de carácter arcillo-arenoso. La espesura de su follaje y ramas hace que sea una especie muy protectora del suelo frente a cualquier agresión.

El efecto de los incendios repetidos puede favorecer la aparición de masas densas naturales de acebo, que pueden llegar incluso a ser masas puras (PETERKEN & NEWBOULD, 1969).

Aparece con frecuencia en las pedrizas cuarcíticas, gracias a que su elevada capacidad de rebrote de raíz le permite expansionarse sobre estos terrenos (MONTROYA, 1996). En algunas de estas zonas, canchales situados al borde del mar en Irlanda algunos autores consideran que el acebo es la especie climática del lugar (PETERKEN, 1969); sin embargo, en nuestra zona, MONTROYA (1996) y ORIA DE RUEDA (1992) indican que estas masas puras de acebo constituyen un bosque extremadamente singular e interesante, pero fruto de una degradación forestal intensa, generada por el hombre, sus fuegos y sus animales de pastoreo.

La estructura de estas acebedas es muy heterogénea, con zonas de pastos, dehesas de acebo y zonas de un bosque puro de acebo densísimo, con una fracción de cabida cubierta entre 90-100%, con muchas zonas de espesura trabada; no suele ser muy alto, generalmente entre 6 y 12 m. Sólo en los claros y en los bordes tienen cabida otros árboles y aparecen



algunos matorrales y herbáceas, pues su densidad impide la regeneración de muchas especies y el subpiso está prácticamente despejado.

Entre los árboles que acompañan al acebo podemos destacar: haya (*Fagus sylvatica*), roble (*Quercus petraea*), mostajo (*Sorbus aria*), rebollo (*Quercus pyrenaica*), arce (*Acer campestre*), guindo (*Prunus avium*), majuelo (*Crataegus monogyna*), enebro (*Juniperus communis communis*), y moscón (*Acer monspessulanum*). También podemos mencionar algunos arbustos y matas menores: arraclán (*Frangula alnus*), espino, (*Rhamnus cathartica*), escobón (*Genista florida*), endrino (*Prunus spinosa*), escaramujo (*Rosa canina*), zarza (*Rubus ulmifolius*), grosella (*Ribes alpinum*), enebro (*Juniperus communis hemisphaerica*), aliaga (*Genista scorpius*), aulaga (*Genista hispanica occidentalis*), erizo (*Astragalus granatensis*), algunos brezos (*Calluna vulgaris* y *Erica cinerea*) y tomillo (*Thimus zizis*). Entre las herbáceas vamos a destacar una digital (*Digitalis parviflora*) y la primula (*Primula veris*) (MAPA, 1995).

Según RIVAS MARTINEZ (1987), la vegetación potencial de estas zonas sería una de las siguientes formaciones vegetales:

- Serie supramediterránea ibérico-soriana silicícola del haya (*Fagus sylvatica*). *Ilici-fageto sigmetum*. En la que la vegetación arbórea potencial sería el haya.
- Serie carpetano-ibérico-alcarreña subhúmeda silicícola del roble melojo (*Quercus pyrenaica*). *Luzulo forsteri-Querceto pyrenaicae sigmetum*. En la cual los bosques climáticos serían de roble melojo.
- Serie supramediterránea ibérico soriana ayllonenese húmedo-hiperhúmeda silicícola del roble melojo (*Quercus pyrenaica*). *Festuso heterophyllae-Querceto pyrenaicae sgmetum*. En la cual los bosques climáticos serían también de roble melojo.

3.2.3. Clasificación.

Las acebedas de la zona objeto de este estudio pueden clasificarse en varios tipos según sus características y peculiaridades, basándonos fundamentalmente en el papel del acebo en la masa principal (BARRERA, 1995):

- 1.- Acebales puros
- 2.- Acebales con bosquetes:
 - 2a.- Bosquetes aislados
 - 2b.- Bosquetes en mezcla
- 3.- Acebales bajo piso

Dentro de los acebales puros se encuentran aquellos en los que la especie principal y predominante es el acebo, pudiendo aparecer pies aislados de otras especies arbóreas. En este grupo están incluidas la mayoría de las acebedas citadas (Acebal de Ventosa, de Arévalo, Adovezo-Avellanosa, Prado-Concejo, Oncala, Las Aldehuelas, de Arguijo, y de Vizmanos).

Los acebales con bosquetes corresponden a masas en las que la especie predominante sigue siendo el acebo, junto con otras especies secundarias (roble, haya, enebro...) en número elevado dentro de la masa. Si estas especies secundarias forman bosquetes puros adyacentes, se incluyen en el grupo 2a. (Acebales de Estepa y del Collado), y si se mezcla con el acebal formando bosquetes de masa mixta se incluyen en el 2b (Acebal de Castilfrio).

En los acebales bajo piso se incluyen aquellas masas en que, predominando el acebo, aparecen otras especies por todo el acebal (Acebales de La Lastra y de Arguijo).

3.2.4. -Usos y aprovechamientos



Según ORIA DE RUEDA (1992) hay que remontarse al Neolítico para conocer los primeros aprovechamientos de acebo de los que se tiene noticia, podándose para obtener fustes rectos que se utilizaban en construcción. El mismo autor afirma que desde hace más de 6000 años estos árboles eran tratados en monte bajo. Más recientemente, en los Fueros de Soria (1196), se recogen normas de aprovechamiento pascícola en las acebedas.

Estos montes, de gran singularidad paisajística, permiten una gran cantidad de usos y aprovechamientos: cinegético, paisajístico y recreativo, madera y leñas, ganadero y producción de ramilla para uso ornamental; siendo los dos últimos los más importantes actualmente.

Son muchos los beneficios que las acebedas aportan a los habitantes de las zonas donde se encuentran, y probablemente este sea una de los principales motivos de su pervivencia hasta nuestros días.

El aprovechamiento de ramilla para uso ornamental y el ganadero se contemplarán más adelante con detalle por su gran importancia tanto económica como ecológica. La presencia de ganado en las acebedas ha definido en gran manera el tipo de masa con el que nos encontramos en la actualidad, y son esenciales para el futuro de estos montes.

Aprovechamiento ganadero

Este es el principal uso tradicional y actual de las acebedas, junto con la obtención de leñas en el pasado y con el aprovechamiento de ramilla ornamental actualmente. Es el que tiene mayor trascendencia económica y ecológica y, como ya hemos dicho, ha conformado la estructura de estas masas.

La mayoría de las acebedas son Montes de Utilidad Pública que están vallados y con puntos accesibles de agua para el ganado, por lo cual son lugares ideales para ser utilizados como dehesas para ganado vacuno y caballar, aunque también son pastoreadas por ganado ovino, e incluso caprino.

Tradicionalmente el acebo se podaba para alimentar al ganado, normalmente las ramas y las hojas se dejaban en el campo para el ramoneo invernal de las reses. También, a veces, se recogía el ramón y se le daba de comer cocido al ganado porcino.

Las hojas del acebo son comidas por los rumiantes ramoneadores, tanto domésticos como silvestres, sobre todo en primavera cuando sus brotes son tiernos. MONTOYA (1996) clasifica el ramón del acebo en la clase de palatabilidad I, por su elevado poder alimenticio.

Tienen especial interés en invierno para la supervivencia de la fauna silvestre en las épocas de grandes nevadas propias de su área de distribución, al ser el único alimento nutritivo y accesible existente en el monte. La presión de los herbívoros es la que ha reducido con frecuencia el acebo a las zonas más inaccesibles y la que ha limitado su regeneración sexual (PETERKEN, 1965).

El acebo sirve también como refugio de los animales domésticos y la fauna silvestre; en el interior de sus masas encuentran un buen refugio y las aprovechan para resguardarse en los días fríos, al existir una diferencia de temperatura ambiente de 4 ó 5 °C con el exterior.

Aprovechamiento cinegético

Con respecto a la caza, la mayoría de las acebedas forman parte de cotos privados de caza menor con cazadores locales. En principio, esta actividad no va en detrimento de estas masas.

El corzo y el jabalí son las especies más constantes y comunes entre la caza mayor presente en las acebedas, en algunas ocasiones también pueden encontrarse ciervos. El jabalí utiliza las acebedas sólo como refugio, mientras que al corzo y al ciervo les sirven también como fuente de alimento.



Entre la caza menor destacan los zorzales, especialmente el charlo y el real; son frecuentes la becada, la paloma torcaz, la perdiz roja y la liebre. Las acebedas son excelentes cazaderos de zorzal, y en ellas se hallan situados algunos de los mejores pasos tradicionales de palomas de España.

Uso recreativo y paisajístico

El acebo incrementa la diversidad paisajística en zonas de bosques de caducifolios al tratarse de una especie que conserva su follaje verde durante todo el año. La existencia de masas o rodales puros de acebo supone un aumento de la calidad visual de la zona gracias a su frondosidad y al contraste de coloridos que genera, sobre todo en invierno, con el verde brillante de sus hojas y el rojo de sus frutos.

A las acebedas acuden aficionados a la naturaleza con conocimientos previos de su situación, pero no existen ni publicaciones de estos hábitats, ni rutas, ni ningún tipo de adecuación recreativa. Las zonas densas de la acebeda son especialmente atractivas para los turistas por sus formas caprichosas y fantásticas. Las acebedas son un importante foco de atracción de visitantes para la zona, tanto en Navidades como en primavera y verano.

Se cultiva habitualmente como planta ornamental, es excelente para formar setos ya que tiene un follaje denso y soporta muy bien las podas. Existen multitud de cultivares de esta especie utilizados en jardinería, estando muy extendidas las formas “variegadas”.

Aprovechamiento de leñas

Los aprovechamientos de madera y leña de las acebedas han sufrido un cambio muy notable. Históricamente las costumbres del lugar permitían a cada vecino sacar dos carros de leña al año (Un carro de leña seca de espinos, aulagas y acebos en mayo o junio, consiguiendo de esta manera una limpieza del monte, y un segundo carro de leña verde para el invierno cortándose ésta a matarrasa en otoño en la parte densa del monte respetando siempre arces y robles.). En la actualidad no se realizan cortas de leña, y se puede apreciar a simple vista el grado de deterioro y decaimiento existente en las zonas densas, estando afectados numerosos pies por fenómenos de puntisecado.

Aprovechamiento de madera

La madera del acebo es dura y muy pesada, no flota en el agua; es blanca grisácea, de textura fina y uniforme, careciendo de dibujo y siendo difícil de trabajar. Es estimada en ebanistería, tornería, marquetería y fabricación de gran número de objetos: mangos de herramientas, pequeñas piezas de gran resistencia, teclas de pianos para lutería, etc.; toma bien los colorantes y se suele teñir de negro para imitar al ébano. Se ha utilizado también en construcción, siendo la madera elegida a mediados del S. XVIII para construir las ventanas del Palacio Real de Madrid, y para pequeñas piezas industriales a principios del S. XIX en Inglaterra. Es excelente para ser usada como leña, a causa de su elevada densidad (SAVILL, 1991).

El mayor problema que presenta la utilización de la madera del acebo es la facilidad con que se abre durante el secado. Se recomienda la inmersión en PEG (polietilenglicol) en fresco y posteriormente dejarla secar en un lugar fresco y sombreado (GALLE, 1997).

Aprovechamiento de ramilla ornamental



El uso actual más polémico de las acebedas es el aprovechamiento de ramilla ornamental. Desde la década de los cincuenta, en nuestras acebedas se vienen cortando ramillas de acebo para su venta con fines ornamentales en Navidad. Se ha mantenido en las zonas donde tenía origen tradicional, se hacía de forma organizada y las masas eran de suficiente entidad como para poder ser realizado. Las cantidades extraídas han sido muy variables, debido a la vecería de la especie y a la reglamentación sobre la materia impuesta por la presión de los grupos conservacionistas para proteger estos ecosistemas de las cortas abusivas y evitar su desaparición como ocurrió en otros países.

El acebo se emplea tradicionalmente como adorno de Navidad. En Centroeuropa se emplean ramas de acebo para las ceremonias del Domingo de Ramos, y también, hasta hace pocos años, en algunas zonas de España (La Rioja, Burgos, Soria...) se usaba en esta fecha y en diversas fiestas populares (FONT QUER, 1987).

Otros usos

Cada una de las partes del acebo ha sido utilizada desde la antigüedad para muchas y muy variadas funciones, se citan a continuación las más características.

De la corteza del acebo cocida y dejada fermentar se obtenía una goma, la liga, que era utilizada para cazar pájaros.

También se ha empleado como planta medicinal: a las hojas se les atribuyen propiedades diuréticas y maceradas en vino se ha utilizado como tonificante. Los frutos son considerados purgantes y vomitivos. También se extrajeron de la corteza algunas sustancias: la ilicina, potente febrífugo utilizado como la quinina; un hidrocarburo, el iliceno; cafeína, y también glucosa.

Sus flores son melíferas, ayudando, además, las abejas a la polinización de las flores.

3.3.- EL ACEBAL DE GARAGÜETA

3.3.1. Localización y situación geográfica

La acebeda de Garagüeta se encuentra situada entre los 1400 y 1708 m, está orientada al SW, en la parte septentrional de la Cordillera Ibérica en la Sierra de Montes Claros. Es un Monte de Utilidad Pública, propiedad de los Ayuntamientos de Arévalo y Torrearévalo de la Sierra (Soria). Presenta una extensión de 406,6 ha, de las cuales 337,3 ha tienen un aprovechamiento pastoral, 180 ha están cubiertas de una masa pura continua de acebo.

3.3.2. Características climáticas

El clima es mediterráneo sin sequía estival, la temperatura media anual es de 7,2 °C y la precipitación media en esta zona es bastante elevada, 910 mm, siendo la mayoría de las precipitaciones en invierno y gran parte de ellas en forma de nieve. Se encuentra en un piso supramediterráneo subhúmedo con invierno muy frío y con un intervalo de helada segura de 6 meses y de helada probable de 2 meses (RIVAS MARTÍNEZ, 1987); según la clasificación de ALLUÉ (1990) corresponde a un subtipo fitoclimático VI (VII) Nemoral subestepario.



Los datos climáticos utilizados para la elaboración del climodiagrama de Gausen-Walter (Figura 3.4) proceden de las estaciones de Barriomartín y Arévalo de la Sierra y han sido adaptados al monte según los gradientes altitudinales de la atmósfera.

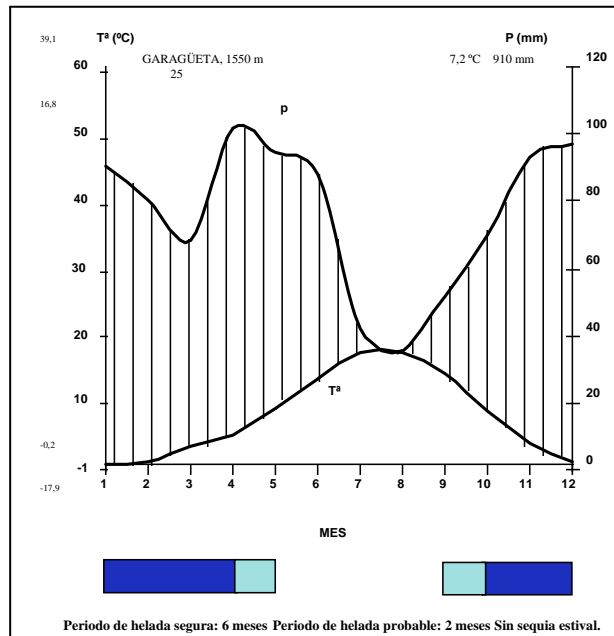


Figura 3.4. Climodiagrama de Walter-Gausen para la Acebeda de Garagüeta (1550m).

3.3.3. Características geológicas, litológicas y geomorfológicas

Los terrenos sobre los que se ubica el monte pertenecen al Jurásico en facies "PURBECK-WEALD". En la mayor parte del monte encontramos areniscas con esporádicos niveles calizos (Figura 3.5).

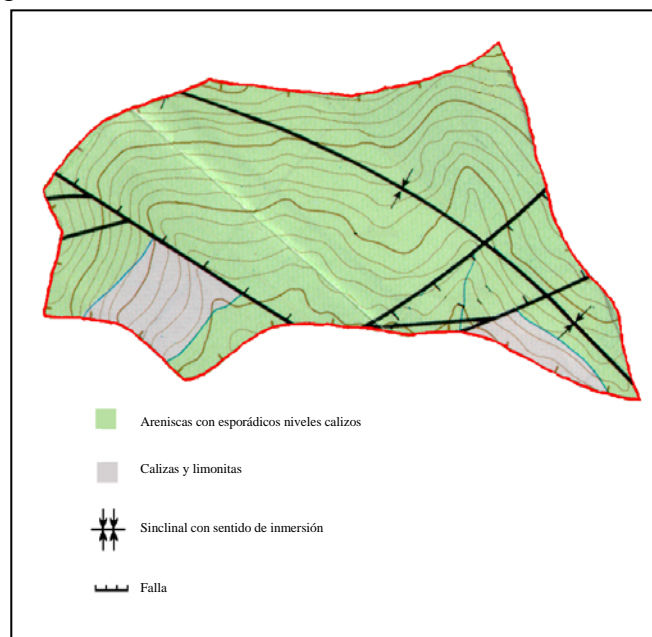


Figura 3.5. Mapa geológico de la Acebeda de Garagüeta



Litológicamente se trata de una sucesión detrítica generalmente de cuarzoarenitas, sublitarenitas, subarcosas con niveles de limolitas intercaladas, en bancos irregulares de potencia desde 0,3 a 1,5 metros.

La pendiente es moderada, entorno al 10-20% y el relieve está formado por lomas y vaguadas suaves.

3.3.4. Características edafológicas

Los suelos son oligotrofos, con abundancia de especies vegetales frugales y acidófilas, y con un pastizal efímero de terófitas de agostamiento precoz (ORIA DE RUEDA, 1992). Presentan una textura franco arcillosa (ISSS) sin problemas de aireación y con una permeabilidad alta, siendo su capacidad de retención de agua elevada. Son en general, fuertemente ácidos y prácticamente sin carbonatos, aunque con algunas zonas esporádicas de calizas (SANZ, 1994).

3.3.5. Vegetación

Nos encontramos con una serie supramediterránea ibérico-soriana y ayllonense húmedo-hiperhúmeda silícicola del *Quercus pyrenaica* o roble melojo: *Holco-mollis-Querceto pyrenaicae sigmetum*.

La vegetación actual del monte consiste en una masa monoespecífica de *Ilex aquifolium*, alternando con pastizales y algunas áreas de matorral y arbustivas.

También podemos encontrar en la parte este, fuera de los límites de la dehesa, una mancha pequeña de *Quercus pyrenaica*. Si bien, la presencia de esta especie en el interior de la dehesa es escasa. Así, es el acebo el que ocupa principalmente la dehesa, aunque pueden encontrarse dispersos algunos ejemplares de otras especies arbóreas, como es el caso del *Acer campestre* y *Sorbus aria*, que aunque escasos, muestran restos de la vegetación potencial de la zona. Las especies climácicas serían el roble melojo o el haya, y el acebo estaría formando el subpiso junto a otras especies. Al ejercer presión sobre estas especies, se fue produciendo su eliminación para pasar a convertirse el acebo en la especie principal, acompañado de una orla espinosa con *Crataegus monogyna*, *Prunus spinosa* y *Rosa canina*, quedando algunos ejemplares de las especies climácicas sobre las zonas más húmedas de vaguada.

Encontramos *Cytisus scoparius* o más arriba *Genista purgans*, que en muchas ocasiones se asocia con el acebo formando en las matas sueltas un anillo en su parte baja, muy recomendado por el ganado, o también *Genista scorpius* en zona de terrenos más básicos.

Por último aparece la etapa de pastizal, con dominio de los géneros *Festuca* y *Poa*. Debido al intenso pastoreo, aparecen frecuentemente agrupaciones de plantas nitrófilas, desde algunos arbustos, como *Sambucus nigra* hasta comunidades herbáceas de *Poa annua*, *Urtica dioica* y sobre todo de *Eryngium campestre*, que indica un cierto sobrepastoreo. En las partes más elevadas abunda la *Deschampsia flexuosa*.

La presión ganadera es la que controla y mantiene la vegetación dominante de la orla espinosa al mordisquear las plántulas de árboles, que no soportan esta presión tan bien como acebos y espinos. En el interior de las acebedas, con elevadas cargas ganaderas, la regeneración natural por semilla se produce solamente en las zonas densas de acebo, debajo de matorrales espinosos, y en la orla de los acebos maduros; lugares en los que su viabilidad es muy difícil (GARCÍA Y CONTRERAS, 1998).

3.3.6. Fauna silvestre



La acebeda de Garagüeta se encuentra perfectamente vallada por una pared de piedra junto a una valla de espino, por lo que la presencia de grandes mamíferos es menor de lo esperada.

Las especies que podemos destacar son las siguientes:

- MAMÍFEROS: *Sus scrofa* (jabalí), *Capreolus capreolus* (corzo), actualmente se encuentra en clara expansión, como la especie anterior, *Lepus capensis granatensis* (liebre), *Apodemus sylvaticus* (ratón de campo), *Oryctolagus cuniculus* (conejo), *Vulpes vulpes* (zorro), *Felix sylvestris* (gato montes), *Genetta genetta* (gineta), *Talpa europaea* (topo común), *Pitymis duodecimcostatus* (topillo común).

- AVES: *Prunella modularis* (acentor común), *Lanius excubitor* (alcaudón real), *Alauda arvensis* (alondra común), *Parus major* (carbonero común), *Corvus corone corone* (corneja negra), *Cuculus canorus* (cuco), *Troglodytes troglodytes* (chochín), *Turdus merula* (mirlo común), *Athene noctua* (mochuelo), *Phylloscopus bonelli* (mosquitero papialbo), *Acanthis cannabina* (pardillo común), *Alectoris ruf a* (perdiz común), *Erithacus rubecula* (petirrojo), *Fringilla coelebs* (pinzón común), *Luscinia megarhynchos* (ruiseñor común), *Saxicola torquata* (tarabilla común), *Lulula arborea* (totovía), *Serinus serinus* (verdecillo), *Hippolais polyglota* (zarcero común), *Gyps fulvus* (buitre leonado), *Turdus philomelos* (zorzal común), *Turdus iliacus* (zorzal alirrojo), *Turdus viscivorus* (zorzal charlo), *Turdus pilaris* (zorzal real)

- REPTILES: *Psammodromus algidus* (lagartija colilarga), *Lacerta hispanica* (lagartija común), *Lacerta viridis* (lagarto verde), *Lacerta lepida* (lagarto ocelado), *Anguis fragilis* (lución), *Malpolon monspessulanus* (culebra bastarda), *Natrix natrix* (culebra de collar), *Vipera aspis* (víbora aspid), *Vipera latastei* (víbora hocicuda), *Elaphe scalaris* (culebra de escalera)

- ANFIBIOS: *Salamandra salamandra* (salamandra), *Alytes cisternasii* (sapo partero común), *Rana temporaria* (rana bermeja), *Rana ridibunda* (rana común), *Bufo bufo* (sapo común).

3.3.7. Estado fitosanitario

La acebeda de Garagüeta es una zona que no presenta graves problemas de enfermedades y plagas. El puntiseado de cepas en las zonas densas, con anterior aprovechamiento de leñas, es uno de los problemas más importantes. También hay que destacar en estas zonas la gran abundancia de hiedra (*Hedera helix*) que rodean a los árboles pudiendo llegar a ahogar a algunos pies.

Otro tipo de daños que se pueden encontrar en los acebos son cicatrices en los troncos producidas por daños de extracción de liga para la captura de pájaros o por la agresión del ganado equino.

Se observa presencia de muérdago (*Viscum album*) que se desarrolla, aunque escasamente, sobre espinos (*Crataegus monogyna*) y robles (*Quercus pyrenaia*).

Debido a las características climáticas de este monte existen fuertes heladas tardías lo que conlleva pérdidas de la floración y consecuentemente de frutos; también se dan frecuentes caídas prematuras del fruto durante el proceso de maduración y como consecuencia de la combinación de lluvias prolongadas con heladas intensas.

El problema de incendios puede considerarse inapreciable, siendo en las zonas con gran espesura donde podrían incidir principalmente, hace más de 30 años una amplia zona de esta acebeda se vió afectada por este problema.

3.3.8. Usos y aprovechamientos



Como ya se ha visto, las acebedas son unos ecosistemas que presentan un gran número de usos, en Garagüeta se desarrollan simultáneamente de forma totalmente compatible los siguientes:

Uso ganadero, actualmente es el principal aprovechamiento de este monte por su repercusión social en la zona, se describirá ampliamente en un apartado posterior.

Uso cinegético: Garagüeta forma parte de las 4.063 hectáreas del coto de caza menor (SO-10.216) extendido por el término municipal de Arévalo de la Sierra. El aprovechamiento de caza se adjudica por el sistema de subasta, a través de la Sociedad de Cazadores San Saturio, conforme a la orden de Vedas. La caza es de tipo deportivo y social en favor de los adjudicatarios.

Uso ornamental: junto al ganadero es uno de los aprovechamientos más importantes de este monte y se estudiará mas tarde con detalle.

Uso forestal: al igual que en el resto de las acebedas, en virtud del decreto de protección del acebo en la actualidad no se realizan cortas de leña en este monte.

Uso paisajístico y recreativo: esta es la más grande y la más conocida de las acebedas del Sistema Ibérico y por tanto también la más visitada. El acebar de Garagüeta está incluido en lo que será el futuro Parque Natural de Urbión y Demanda, lo que previsiblemente ayudará a que se desarrollen estos aspectos.

3.3.9. Características de la comarca

La comarca de Almarza, en la cual se enclava este estudio, tiene una densidad de población muy baja, 3,3 hab/km², estando muy por debajo de la media de Castilla y León situada en 27,2 hab/km² y de la media nacional 78,1 hab/km² (Figura 3.6).

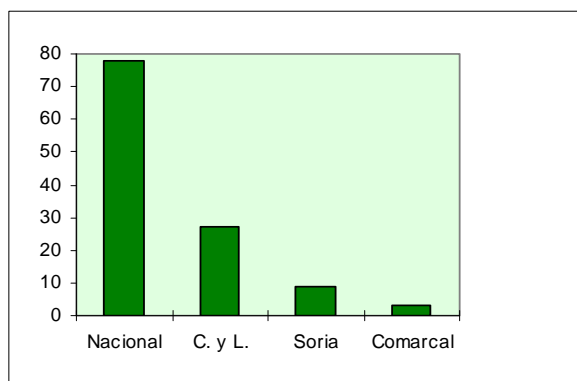


Figura 3.6.- Densidad de población (Datos 1989. Anuario estadístico de Castilla y León, 1996).

La población ha sufrido un claro descenso, desde 1975 ha disminuido casi un 40% en solo 30 años, manteniéndose la tendencia actual en descenso (Figura 3.7) y encontrándose la población muy envejecida (Datos de 1991. Anuario Estadístico de Castilla y León, 1996).

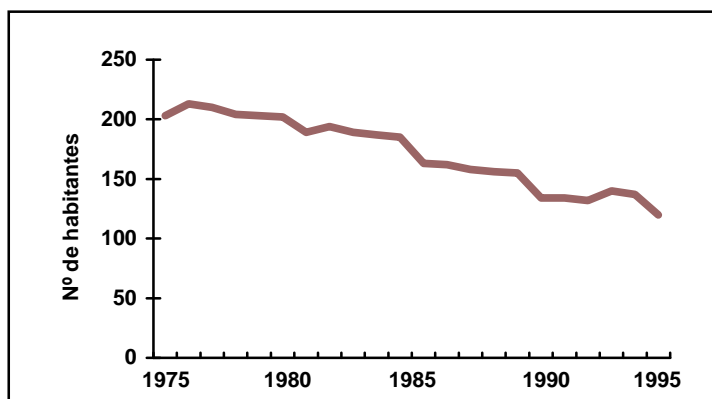


Fig. 3.7. Evolución del número de habitantes de Arévalo de la Sierra desde 1975 hasta 1997 (Datos suministrados por el Ayuntamiento de Almarza).

La ganadería posee una gran importancia económica en esta zona. Las tierras dedicadas a pastos permanentes son el 58,3% del total (Figura 3.8), siendo el sector industrial prácticamente testimonial (Figura 3.9). La mayoría de las explotaciones de la zona corresponden al ganado bovino y ovino, existiendo también algunas de porcino y caprino (Figura 3.10).

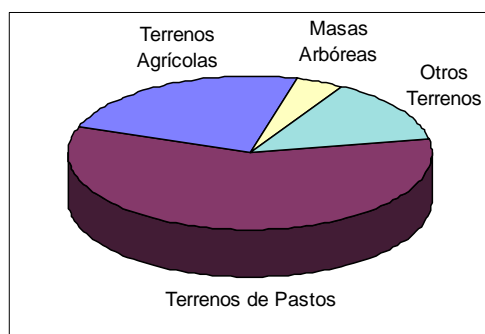


Figura 3.8. Distribución del uso de la tierra (Datos 1989. Anuario estadístico de Castilla y León, 1996)

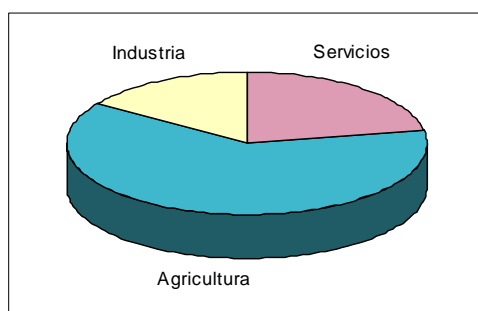


Figura 3.9. Población ocupada según la rama económica (Censo de población 1991)

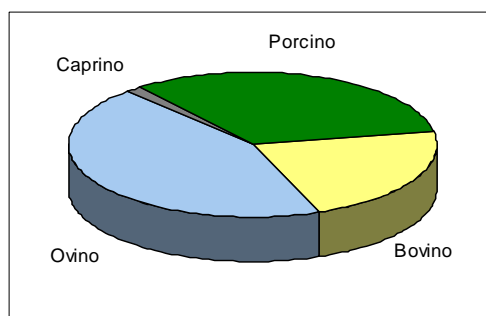


Figura 3.10. Distribución del tipo de ganado en la comarca (Datos 1989. Anuario estadístico de Castilla y León, 1996).

El aprovechamiento de pastos se adjudica mediante subasta y normalmente resulta rematante el Ayuntamiento; éste posteriormente organiza el pastoreo, que se realiza colectivamente por todos los ganaderos del pueblo. El precio que se paga por este aprovechamiento es muy variado según las acebedas, pero en todos los casos es muy inferior al precio real debido a su carácter vecinal. Se cobra por cabeza de ganado entrada en pastadero, percibiéndose unos ingresos entre 100 y 200 pta./ha.

Las ganaderías de estas acebedas son importantes; sus propietarios son normalmente grandes ganaderos, perteneciendo generalmente el ganado existente en cada acebeda a 3-5 propietarios locales.

3.4. PLANTACIONES DE ACEBO PARA PRODUCCIÓN DE RAMILLA ORNAMENTAL

3.4.1. Introducción.

Las plantaciones experimentales realizadas por el Departamento de Investigación Forestal de Valonsadero (Junta de Castilla y León) son la primera experiencia en España en la que se utiliza el acebo para la realización de plantaciones, tanto para su aprovechamiento de ramilla ornamental en Navidad como en repoblaciones forestales.

Con esta experiencia se pretende desarrollar un recurso potencial de nuestros montes, que ya se explota en otros países desde principios de siglo. Las plantaciones de acebo pretenden la producción de ramilla ornamental para Navidad, la creación de bancos clonales para la conservación del material genético seleccionado y facilitar la producción de planta de calidad para su comercialización y utilización en repoblación forestal, y la difusión de la especie en su hábitat natural mediante la creación de pequeños bosquetes que sirvan de centros de dispersión para esta especie ecológicamente tan enriquecedora para el paisaje, la fauna silvestre, etc.

Existen plantaciones de acebo para la producción de ramilla ornamental en el Noreste de Estados Unidos desde finales del siglo pasado (COOK, 1993). En 1890 está documentada la primera plantaciones de *Ilex aquifolium* en Portland (Oregón), y en 1927 se cita la existencia de más de 1.500 acres de plantaciones dedicadas exclusivamente a la producción, recogida, preparación y transporte de grandes cantidades acebo hacia los mercados del este de Estados Unidos en Navidad (ROBERTS & TICKNOR, 1970).

Este recurso ya desarrollado en Estados Unidos (ELMORE, 1993) y en Canadá (LITTLER, 1974) comienza a ser utilizado a partir de los años 60 en Europa. Existen plantaciones de acebo para producción de ramilla ornamental para Navidad en Holanda



(VOORBERGE, 1987; FJELD *et al*, 1995), Noruega (MOE, 1975) e Italia (RUMINE & BELLANDI, 1984; LANTERI, 1984).

Es indiscutible su potencialidad económica que permitiría conseguir unos ingresos adicionales importantes para las zonas deprimidas de clima duro donde se da esta especie y en las cuales es necesario ligar a la población al monte y a la propia zona.

En Norteamérica existen varios núcleos de plantaciones para la producción de acebo ornamental con más de 600 ha de extensión, y más de 1000 trabajadores dedicados a los cuidados de las mismas, la preparación de los adornos, el almacenamiento y transporte de los productos a los mercados (ROBERTS & TICKNOR, 1970).

En la zona del Pacífico Noroeste de Estados Unidos el acebo es el cultivo arbustivo monoespecífico más importante, con una aportación de más de un millón de dólares en la economía de la región. En British Columbia (Canadá) se calcula que este tipo de explotaciones producen unos beneficios de más de 250.000 pts por hectárea (LITTLER, 1974).

El acebo que se comercializa en España procede fundamentalmente de las masas naturales ordenadas en Castilla y León. Aunque también se importan ramillas de acebo procedentes de Holanda. A las subastas de flores que se realizan en este país llega acebo de las plantaciones de todo el mundo y desde allí se canaliza al resto de Europa.

En este momento existe demanda en el mercado de ramilla de acebo, y es previsible que en el futuro exista una demanda aún mayor, ya que se puede lograr la recuperación del mercado mediante una buena campaña divulgativa a favor de los aprovechamientos ordenados y sostenible de este recurso, difundiendo su labor de conservación y mejora de las acebedas.

La realización de estas plantaciones, así como la ampliación de la superficie ocupada por acebo en las masas forestales servirá para asegurar que, con el previsible aumento de la demanda de este producto con las campañas de difusión y el aumento del mercado, al levantarse la prohibición de su comercialización en Castilla y León, no se producirá una sobreexplotación de las masas naturales que actualmente se aprovechan.

3.4.2. Antecedentes.

El acebo ha estado presente en la mitología y ha sido utilizado como adorno, ya sea por su belleza o bien por supuestas características mágicas, a lo largo de toda la historia de la humanidad.

A pesar de que se ha considerado el acebo como una especie ligada a las tradiciones y a las leyendas de los pueblos de origen céltico, también se puede citar su presencia en el mundo latino desde la antigüedad.

En el siglo V antes de Cristo, Plinio ya utilizaba el acebo en ceremonias religiosas como planta protectora (THOMSON, 1975), y en algunos mosaicos romanos aparecen representadas hojas de acebo (HUME, 1953). Se representa también el acebo en tapices del siglo XVI sobre la vida de San Esteban y en “La leyenda de la dama y el unicornio” conservados en el Cluny Museum de París (THOMSON, 1975), y existen grabados de esta época en los cuales aparece el acebo como adorno navideño en los cristales de las ventanas.

En algunas zonas de Estados Unidos se encuentran leyendas que ligan directamente el acebo con la religión cristiana, llegando a atribuir el color rojo de sus frutos a la sangre de Cristo caída sobre ellos al formar parte el acebo de la corona de espinas que llevó durante el calvario (CROSBIE & COCHRANE, 1980). En 1844 en el “Arboretum et Fruticetum Britannicum” aparece una referencia a la utilización del acebo mezclado con pino, abeto y otras especies como adorno navideño en las iglesias y en las casas. En España también ha sido usado tradicionalmente el Domingo de Ramos en los pueblos cercanos a las acebedas.



En Inglaterra ya se plantaba acebo en el medievo, hay fundadas sospechas para pensar que la acebeda de Dungeness en el sur de Inglaterra pudo ser plantada en 1422, pero no ha podido probarse (PETERKEN & HUBBARD, 1972). En el siglo XVII existen evidencias de que algunas acebedas inglesas se plantaron con el fin de utilizar la madera del acebo para la realización de piezas para la industria (HUME, 1953), a partir de la revolución industrial se deja de plantar acebo en Gran Bretaña y se esquilman gran parte de las acebedas inglesas y europeas. Actualmente no se conocen plantaciones para la producción de acebo ornamental en el Reino Unido.

A principios de este siglo aumenta la presión del aprovechamiento de ramilla ornamental en Navidad sobre las masas naturales en Estados Unidos, éstas son protegidas y comienzan a realizarse huertos especializados en la producción de ramilla de acebo para Navidad.

A partir de los años 20 se desarrollan técnicas de cultivo específicas, la comercialización del producto y se plantean los problemas de este tipo de plantaciones intensivas. Hacia los años 30 la Universidad de Oregón comienza a realizar estudios científicos sobre los problemas y las características de estas plantaciones (ROBERTS & TICKNOR, 1970).

En Estados Unidos además del *I. aquifolium*, que fue importado de Europa a principios de siglo, y que sin duda es el que mejores características presenta para su uso ornamental (ROBERTS & TICKNOR, 1970; CONNORS, 1945; ROBERTS & BOLLER, 1948), se cultivan también otras especies del género *Ilex*. Hay plantaciones de acebo distribuidas por casi toda la geografía estadounidense cultivándose en cada zona especies diferentes según su climatología. El *I. aquifolium* se usa fundamentalmente en la zona Medio Atlántica y en el Pacífico Noroeste (ELMORE, 1993).

Otros acebos cultivados en Estados son el *I. crenata* (GILLIAM, 1984; GILLIAM *et al*, 1986; APPLETON *et al*, 1990; COVILLE, 1988; TICKNOR, 1992), el *I. opaca* (CONNORS, 1945), el *I. vomitoria* (KEEVER & FOSTER, 1990), el *I. attenuata* (HARRIS & GILMAN, 1993), el *I. x meserveae* (PAIR & STILL, 1982), el *I. cornuta* (WRIGHT, 1976¹; WITHCOMB, 1974) y los de hoja caduca en general (SIMPSON, 1988).

Se han realizado multitud de trabajos que abarcan todas las etapas del cultivo, recogida, preparación y comercialización de la ramilla de acebo, a continuación se citan los que se consideran más interesantes.

Existen otros estudios relacionados con este tema, pero no directamente realizados en plantaciones como: el estudio de la proporción de machos y hembras que aparecen en las masas naturales o seminaturales (RICHARDS, 1988); los cultivares de acebo seleccionados y registrados en Inglaterra y Estados Unidos (BLANKEN, 1994); el de restauración de la cubierta arbórea con especies autóctonas en Escocia que recomienda la utilización del acebo como especie acompañante en casi todo el país (SOUTAR, 1991); y los estudios sobre la ecología, distribución y evolución de las masas naturales de acebo que se citan detalladamente en otros capítulos.

3.4.3. Plantaciones.

3.4.3.1. Establecimiento de la plantación y tipo de planta.

Se recomienda un **clima** templado, de inviernos húmedos y veranos relativamente fríos (ROBERTS & TICKNOR, 1970). La distribución del acebo y las diferencias en su hábitat indican la sensibilidad de esta especie a las bajas temperaturas, particularmente cuando está expuesto a fuerte luz. En climas fríos el acebo no crece adecuadamente (PAIR & STILL, 1979;



GROOM, 1991; SIEDLER, 1990), en las plantaciones realizadas en el Norte de Noruega después de 44 años las plantas que sobreviven seguían midiendo entre 30 y 50 cm (SIEDLER, 1990). El acebo tampoco aguanta bien los veranos secos y cálidos, pero este problema puede ser paliado mediante riego en verano (GALLE, 1997).

Un factor que se considera importante evitar es la presencia de fuertes vientos secos en la zona, estos podrían producir graves daños de defoliación y una excesiva desecación del follaje del acebo (GALLE, 1997).

El *I. aquifolium* tiene una resistencia innata a las heladas, lo cual supone una gran ventaja para estas plantas de fructificación invernal; son los cultivares con maduración del fruto más tardía los que mayor resistencia presentan (ROBERTS & TICKNOR, 1970). A pesar de todo, para este tipo de plantaciones deben evitarse las zonas con heladas primaverales tardías que pueden dañar a los nuevos brotes y a la floración, la cual se produce generalmente durante el mes de mayo (GALLE, 1997; ROBERTS & BOLLER, 1948; APPLETON¹ *et al*, 1996).

La **orientación** y la **pendiente** en las plantaciones de acebo no parecen tener decisiva importancia. No obstante, parecen ser preferibles las localizaciones umbrías en nuestra zona de clima más cálido en verano. Según ROBERTS & TICKNOR (1970) son mejores las orientaciones norte y nordeste porque ayudan a la maduración temprana de los frutos. A su vez, la humedad y el frescor del aire son buenos para el crecimiento y el verdor de las hojas, pero retrasa la maduración del fruto (ROBERTS & BOLLER, 1948). Los Servicios de Extensión Agraria en Estados Unidos recomiendan localizaciones no demasiado cálidas, con una orientación a pleno sol, una pendiente suave y protegidas del viento (APPLETON¹ *et al*, 1996).

Se recomienda plantar en **suelos** profundos, fértiles, bien drenados, con una reacción débilmente ácida, y un pH entre 5 y 7, el óptimo sería 6 (ROBERTS & TICKNOR, 1970; GALLE, 1997). No es necesario que los suelos sean excesivamente fértiles, pero tampoco marginales desprovistos de nutrientes.

El acebo no soporta los encharcamientos estacionales (ROBERTS & TICKNOR, 1970), además los suelos inundados dificultan los trabajos en la plantación (GALLE, 1997). Debe ser un suelo húmedo, capaz de mantener la humedad en verano, bien drenado, que no se encharque en primavera, preferiblemente de textura limosa. No excesivamente arenoso, que suelen ser suelos más pobres en nutrientes, ni un suelo arcilloso que puede presentar problemas de encharcamientos. Por tanto, lo ideal es un suelo limoso, con buena capacidad de retención de agua y un buen drenaje (APPLETON¹ *et al*, 1996), o un suelo arenoso ligeramente húmicos (GALLE, 1997).

Antes de instalar la plantación hay que estudiar la textura, el pH y los nutrientes del suelo. Si anteriormente ha habido cultivos agrícolas en la parcela también es necesario analizar la composición química del suelo para estudiar la presencia de residuos de herbicidas (APPLETON¹ *et al*, 1996).

Además, se recomienda realizar la plantación en un lugar de **fácil acceso**. Se recomienda construir en la plantación una nave con un sistema de refrigeración para la elaboración y empaquetado de los adornos de acebo (APPLETON² *et al*, 1996).

Es importante realizar una buena **preparación del terreno** antes de realizar la plantación. Se recomienda hacer un laboreo superficial del terreno mediante un rotovator (GALLE, 1997) y hacer un ahoyado manual con un tamaño mínimo del hoyo dos veces el tamaño del cepellón (APPLETON², 1996).

En general, se recomienda fertilizar antes de realizar la plantación: una enmienda orgánica y fertilización con P y K (ROBERTS & TICKNOR, 1970; APPLETON¹ *et al*, 1996). Si es necesario se realizarán también enmiendas para elevar el pH con carbonato cálcico y carbonato magnésico, y ocasionalmente se puede añadir yeso o sulfato cálcico (GALLE, 1997; APPLETON² *et al*, 1996). En caso de producirse encharcamiento en el terreno elegido se realizará un sistema de drenaje (GALLE, 1997)



También es conveniente mezclar la tierra con materia orgánica a la vez que se tapa el agujero en el momento de la plantación, hacer aporcado y un alcorque alrededor de las plantas (APPLETON², 1996; ROBERTS & TICKNOR, 1970).

Además, se suele colocar un **mulch** de 20-25 cm de radio que cubra todo el hoyo pero que no toque con el tronco de la planta, estos protectores son muy buenos para el cultivo ya que: mejoran el contenido en materia orgánica del suelo, mantienen la humedad y evitan la erosión del terreno, protegen las raíces de las bajas temperaturas del invierno, mantener limpio de malas hierbas el terreno es más fácil, y se facilitan las labores del terreno al no tener que acercarse tanto a las plantas (APPLETON², 1996; ROBERTS & TICKNOR, 1970).

En algunas zonas es necesaria la utilización de **protectores** para que no se coma la fauna los acebos (APPLETON² *et al*, 1996); en nuestro clima, cálido y seco en verano, nos sirven también para dar sombra a las plantas jóvenes y se deben utilizar perforados para una mejor aireación y que no se eleven tanto las temperaturas en su interior (OLIET & ARTERO, 1993).

La **distancia de plantación** no está establecida como norma general. En el Noroeste de Estados Unidos varía desde 1,5-3 m hasta 4,5-6 m para permitir la mecanización de los trabajos culturales de la plantación, sin embargo en el Este y Canadá tienden a marcos mayores, pudiendo llegar incluso a 6,5-7,5 m, lo cual nos daría una densidad media entre 555 y 173 pies/ha (ROBERTS & TICKNOR, 1970). La tendencia actual es hacia el cultivo en setos con densidades mayores, intercalan otro acebo entre cada dos en las filas, obteniendo un marco de plantación de 2,5-3 x 6 m (GALLE, 1997).

La presencia de machos en las plantaciones de acebo es imprescindible para obtener una adecuada fructificación. El acebo produce frutos partenogenéticos en ausencia de polinización, pero estos frutos son de menor tamaño (Figura 13.1), pesan menos, tardan más en madurar y se desprenden enseguida de la rama después de cortado el acebo (GALLE, 1997; ROBERTS & BOLLER; 1948).

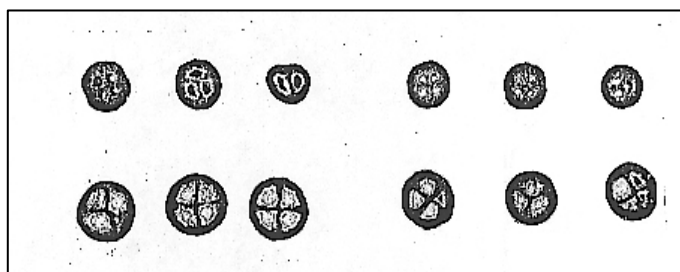


Figura 13.1. Secciones transversales de frutos de acebo de dos variedades de acebo. La fila superior corresponde a frutos desarrollados sin polinizar y la inferior a frutos polinizados (ROBERTS & BOLLER, 1948).

Se ha demostrado que existe una correlación entre una buena polinización de las flores y la maduración temprana de los frutos. ROBERTS & BOLLER (1948) realiza un estudio de la proporción de flores que producen frutos en función de la distancia existente al macho más cercano (Figura 13.2), en sus resultados puede apreciarse como a 40 m este porcentaje era del 95% y como a tan solo 100 m disminuye al 35%.

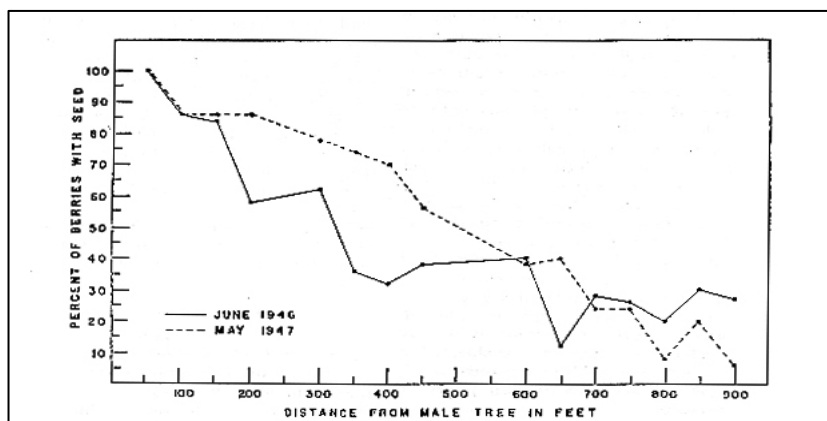


Figura 13.2. Porcentaje de frutos de acebo con semillas según la distancia al macho en una plantación de acebo para producción de ramilla ornamental en Oregón (ROBERTS & TICKNOR, 1970).

La **proporción de machos frente a hembras** recomendada para las plantaciones productoras de ramillas ornamentales es variable según las especies y los cultivares utilizados. Según un estudio realizado en la Universidad Estatal de Oregón en 1940, para el *I. aquifolium* se recomienda una proporción de 1 macho por cada 15 hembras como mínimo, si la floración se produce a la vez en machos y hembras se puede reducir la proporción a 1 macho cada 50 hembras (ROBERTS & BOLLER, 1948). APPLETON⁴ *et al* (1996) recomienda la utilización de 1 macho cada 20 hembras y señala que tampoco es bueno que exista una excesiva densidad de machos. Además, para un buen reparto del polen los machos deben colocarse uniformemente distribuidos por la plantación.

La polinización la realizan fundamentalmente abejas, y se recomienda la colocación de colmenas en estas plantaciones o en sus alrededores, que se pueden mover por la zona durante el periodo de floración (APPLETON⁴ *et al*, 1996; ROBERTS & TICKNOR, 1970; GALLE, 1997). Hay que tener cuidado con los productos que se usan en las plantaciones porque pueden dañar a las abejas, en el caso de que no existan suficientes abejas para la polinización debe aumentarse al doble la proporción de machos estimada (APPLETON⁴ *et al*, 1996).

En cuanto a la mejor **época de plantación** se encuentra diversidad de opiniones. GALLE (1997) recomienda plantar en otoño, antes de empezar las heladas, o si no es posible en otoño, en primavera y si no llueve después de plantar dar un riego de establecimiento. APPLETON² *et al* (1996) dice que es mejor realizar la plantación en primavera en el caso de los acebos perennes, también RUMINE & BELLANDI (1985) prefiere plantar en primavera cuando se trata de zonas altas (a partir de 900 m de altitud).

Las **plantas utilizadas** en las plantaciones para producción de ramilla ornamental suelen ser de tres o cuatro años y medir entre 0,9 y 1,2 m de altura (GALLE, 1997; APPLETON³ *et al* 1996; ROBERTS & BOLLER, 1948). Arraigar este tipo de plantas no es fácil, pero una vez agarrados son vigorosos y de fácil manejo (ROBERTS & BOLLER, 1948).

El stress hídrico que se produce por el trasplante de los acebos puede llegar fácilmente a matarlos, según FARE *et al* (1985) no se debe nunca trasplantar acebos de 3-4 años con 90-120 cm de altura sin repicar. La poda y el repicado en el momento del trasplante ayuda a reducir el déficit hídrico. El repicado estimula la producción de nuevas raíces y aumenta la proporción de raíces secundarias capaces de absorber agua y nutrientes del suelo. Es necesario compensar la pérdida de raíces con una poda de ramas. Esta práctica reduce el peso seco producido de materia producida por la planta, un 24% el peso seco de ramas y un 6% el de las raíces, pero se incrementa significativamente la supervivencia de las plantas en el campo (RANDOLPH *et al*, 1981).



El tamaño del cepellón, o del envase en el que se produce la planta, es un factor muy importante a tener en cuenta (APPLETON¹ *et al*, 1996; KEEVER *et al*, 1994; KNIGHT *et al*, 1993). En general la planta se produce en contenedor, pero a partir de las 20 semanas desde su enraizamiento se trasplanta al suelo del vivero en el cual permanece hasta su trasplante al campo. El tamaño del cepellón utilizado suele ser de unos 40- 60 cm de lado y una profundidad de 40 cm. El incremento del tamaño del cepellón aumenta el crecimiento posterior de las plantas en campo (FARE *et al*, 1985). Al aumentar el tamaño del cepellón 20 cm por cada lado se aumenta en mayor grado, casi se duplica proporcionalmente, la cantidad de raíces secundarias y los puntos blancos que contiene el cepellón (FARE *et al*, 1985).

Las características más importantes que se deben tener en cuenta a la hora de elegir la planta que se va a utilizar en estas plantaciones son las referentes a la estética de las ramillas y el momento de maduración del fruto.

La valoración de las ramillas se hace contando por igual las características de las hojas y la cantidad de fruto existente. Las características del follaje requerido para su utilización en ornamentación es muy variado y se utilizan de diversos tipos y tamaños, desde hojas coriáceas, pequeñas y muy pinchudas hasta algunas inermes y grandes. Hay distintos mercados para el acebo que requieren diferentes características: los floristas para adornos de escaparatismo prefieren hojas grandes, pero para las casas se requiere hojas pequeñas. Las variedades variegata copan un 20-25% del mercado y tienen más baja producción aunque se pagan mejor, aproximadamente un tercio de las plantaciones producen este tipo de follaje. (ROBERTS & TICKNOR, 1970).

La tendencia actual a adelantar el mercado navideño hace cada vez más importante la fecha de maduración del fruto, esta varía con el cultivar, las condiciones climáticas, la edad de los árboles y la localización de la plantación (ROBERTS & TICKNOR, 1970). Interesa el cultivo de especies y cultivares que sean de cosecha temprana, que la maduración del fruto se produzca hacia el 1 de Noviembre para así tener tiempo de elaborar el producto y transportarlo al mercado. Las plantaciones de maduración más tardía deben restringirse a los mercados locales. (GALLE, 1997; ROBERTS & TICKNOR, 1970). Tampoco interesa que el fruto madure demasiado pronto porque las condiciones de almacenamiento y manejo del acebo cortado deben ser bastante cuidadosas para evitar que se ablanden, ennegrezcan y se caigan los frutos (GALLE, 1997; ROBERTS & TICKNOR, 1970).

Se ha estudiado la maduración del fruto en cultivares de diferentes especies de acebo en Oregón, en el caso del *I. aquifolium* en general se considera que el fruto está maduro a partir del 24 de octubre, y está considerado entre las especies de maduración intermedia (ROBERTS & TICKNOR, 1970).

3.4.3.2. Cuidados de las plantaciones

Las plantaciones de acebo para producción de ramilla ornamental requieren una serie de controles y cuidados similares a los trabajos que se realizan en un vivero (GALLE, 1997; ROBERTS & TICKNOR, 1970). Para el correcto desarrollo de las plantas y la obtención de una producción adecuada es necesario realizar las siguientes labores: una fertilización anual, un riego constante de las plantaciones, un exhaustivo control y eliminación de las malas hierbas que entran en competencia con los acebos jóvenes y un control de plagas y enfermedades. En verano los trabajos culturales pueden limitarse al control de las malas hierbas y el riego.

Para poder obtener una buena producción de ramilla ornamental es necesario **regar** en verano. El acebo necesita una dosis de agua de 25 mm por semana durante la estación de crecimiento, puede ser procedente de lluvia o de riego (APPLETON² *et al*, 1996). En los climas de verano seco, como el nuestro, será imprescindible el riego de las plantaciones.



El riego durante el final de la primavera y el inicio del verano repercute directamente en el crecimiento anual, el del final del verano (agosto-septiembre) ayuda a preparar el periodo de dormición, y durante el otoño (octubre- noviembre) cuando el suelo está seco ayuda a mantener en el suelo la humedad necesaria para el invierno (APPLETON³, 1996).

Normalmente se riega pie a pie con una bomba de presión y un sistema de mangueras, aunque en algunas zonas se han utilizado riegos gota a gota (GALLE, 1997).

Se debe realizar anualmente una **fertilización** nitrogenada (GALLE, 1997; NIMIERA & WRIGHT, 1982; APPLETON³, 1996; ELMORE, 1993; SHIFFLET *et al*, 1994; TICKNOR & ROBERTS, 1986; RUTER, 1972; GILLIAM & WRIGHT, 1979; WITHCOMB, 1978; TICNOR *et al*, 1969; GILLIAM, 1978²; FULMER & JONES, 1975). Existe divergencia de opiniones entre los autores consultados en la dosis de aplicación, NIMIERA & WRIGHT (1982) recomienda dosis elevadas entre 10 y 100 mg/l mientras que HUME (1953) y APPLETON³ *et al* (1996) señalan que la proporción de N debe ser pequeña utilizando fertilizantes 1-2-2 con un 10-12% de nitrógeno solamente y no superando nunca el doble del presente en el suelo. Si se realiza un cultivo mas intensivo puede fertilizarse varias veces en un año: a últimos de febrero o primeros de marzo con una dosis elevada de N y fertilizando a mano los 60-90 cm cerca de las plantas, una segunda aplicación hacia medio verano con la mitad de dosis y finalmente se añade urea al final del verano para que no amarillean las hojas al madurar el fruto (HUME 1953).

Algunos autores recomiendan también fertilizar con P y K (GALLE, 1997; APPLETON³ *et al*, 1996), con P y B (ROBERTS & TICKNOR, 1970) e incluso con otros micronutrientes (HUME, 1953).

El momento idóneo de aplicación de la fertilización es durante el reposo vegetativo, antes de que comience el crecimiento anual. La misma dosis aplicada durante el periodo de crecimiento produce incrementos en el crecimiento significativamente menores (GILLIAM, 1978¹).

En las plantaciones se deben realizar análisis de suelos anuales, ya que en menos de cinco años aparecen deficiencias de nutrientes si no se fertiliza adecuadamente. Se recomienda recoger en otoño o a finales de invierno entre 3 y 10 muestras de suelo por plantación para realizar la fertilización al principio de la primavera (APPLETON³, 1996).

Para mantener los niveles de nutrientes dentro de los márgenes adecuados también se suelen realizar análisis foliares que nos definen las necesidades reales de la planta (ROBERTS, 1970; GALLE, 1997).

TICKNOR & ROBERTS (1986) realizaron, la comparación de los nutrientes existentes en las hojas de los acebos de plantaciones en explotación con los de una plantación en la que se había abandonado el cultivo 10 años antes. Entre los resultados obtenidos destaca que el crecimiento y el tamaño de la hoja en las plantaciones explotadas es mayor que en las abandonadas, aunque este efecto era menos apreciable en áreas protegidas y húmedas. En las plantaciones desatendidas encuentra que el nivel de N es mucho más bajo y que existen déficits de P y B.

Entre los años 1960-61 se estudiaron las carencias nutricionales existentes en 47 plantaciones de acebo en Portland y se detectó que existían dos principales carencias: el nitrógeno y el boro, que se encontraban en muchos cultivos bajo niveles críticos (ROBERTS & TICKNOR, 1970). También se han detectado carencias de Mg y Ca en algunas plantaciones (TICKNOR & ROBERTS, 1986).

Otro trabajo necesario en este tipo de plantaciones es el **control de las malas hierbas**. Se puede realizar un control mecánico, químico o mezcla de ambos (WEHTJE & GILLIAN, 1991). GALLE (1997) recomienda el uso de medios mecánicos entre filas y químicos alrededor de los acebos.

En la mayoría de las plantaciones de Estados Unidos durante los primeros años de vida de los acebos cubren todo el suelo con otro cultivo, de esta manera se logra reducir las malas



hierbas (APPLETON, 1997). Según HUME (1953) en lugares pobres en nutrientes no se deben usar estos cultivos.

La utilización de herbicidas depende del tipo de malas hierbas que aparezcan en la plantación, del suelo de la misma y del tipo de herbicida elegido. Hay que extremar las precauciones con este último factor, las dosis, la forma de usarlo y su momento de aplicación ya que el acebo es muy sensible a ciertos productos (APPLETON⁷, 1996). Existen muchos estudios de herbicidas (LOOMAN *et al*, 1993; WEHTJE & GILLIAN, 1991; APPLETON, 1997; REGAN & TICKNOR, 1990), pero es recomendable realizar un pequeño ensayo antes de usarlos (GALLE, 1997). Según WHETJE (1991) es preferible la utilización de herbicidas selectivos teniendo especial cuidado en el momento de su aplicación para lograr un buen rendimiento.

Normalmente se realiza una **poda** anual en las plantaciones maduras para mantener las correctas distancias de cultivo y que los acebos se desarrollen equilibradamente (GALLE, 1997; HUME, 1953; APPLETON⁶ 1996). Se debe también realizar anualmente durante la poda un saneamiento de la planta mediante la corta de las ramas muertas, dañadas o enfermas (KEEVER *et al*, 1994; ENRIGHT, 1970; LAICHE, 1988).

Para producir unas ramillas sanas y bien formadas, los acebos deben mantener una densidad de follaje que permita el paso del sol y la circulación del aire a través de su copa, para lo cual se deben cortar algunas ramas de las zonas excesivamente densas. Cuando se trata de evitar el rebrote se deben podar las ramas por su punto de inserción, en caso contrario se debe dejar un talón que sirva de base a los nuevos brotes que se formen a partir de las yemas latentes existentes en él (GALLE, 1997; APPLETON⁶ 1996).

Los renuevos y las ramas bajas no deben cortarse porque ejercen una función beneficiosa para la planta controlando la aparición de malas hierbas, evitando que la maquinaria dañe los troncos principales al realizar las labores culturales, y creando un microclima en el suelo en el interior de la planta (APPLETON⁶, 1996).

La época idónea para realizar este trabajo es durante el invierno hasta el inicio de la primavera, siempre antes de que brote el acebo. La poda se puede realizar a la vez que la cosecha de ramillas y aprovechar los restos de esta para su venta, los restos no aprovechables de la poda se deben separar y quemar en el campo (APPLETON⁶, 1996). En caso de no hacerlo así, se recomienda realizar la poda después de la cosecha (GALLE, 1997).

En las primeras edades, incluso antes de comenzar la explotación en la plantación, se recomienda realizar podas de formación (GALLE, 1997). Para una correcta formación de la planta es necesaria la existencia de una guía principal bien definida y de una serie de ramas laterales fuertes para la formación de nuevos brotes a partir de ellas. Cuando la planta alcanza la altura deseada se puede realizar el trasmocho de la misma, cortando la guía principal y las ramas laterales principales a la altura deseada, después de esta poda será necesario controlar la altura de los rebrotes (HUME, 1953). Estas podas estimulan el rebrote a partir de las yemas latentes existentes en el interior de la cepa y el crecimiento de nuevas ramas hacia el exterior haciendo más denso el follaje de la planta.

Con una poda suave se estimula la producción tanto en cantidad como en tamaño de hojas, y la cantidad de frutos producidos, además de mejorarse la estructura del árbol para posteriormente lograr una buena calidad de la cosecha (APPLETON⁶, 1996).

Posteriormente a estas podas de formación, no se deben cortar los troncos principales ya que se estimula con esta acción la aparición de retoños y renuevos que pueden desequilibrar la densidad del follaje del árbol (HUME, 1953).

En algunas plantaciones se han utilizado productos, como el BA (6-Bencil-aminopurina) y el EHPP (1-Propil-fosfonato), para aumentar la cantidad de yemas que brotan después de la poda (KELLEY, 1972). La aplicación de BA en dosis entre 150 y 500 ppm produce en el acebo hasta cuatro veces más ramas después de una poda, y lo mismo ocurre



con el EHPP, aunque este producto debe ser utilizado con cuidado ya que concentraciones superiores a 4.000 ppm son tóxicas para el acebo (LEWIS & HAUN, 1975).

Hay que realizar una **constante vigilancia** de las plantaciones para mantener un buen **estado fitosanitario**. En las plantaciones de acebo existentes en Estados Unidos se han desarrollado programas para controlar los principales problemas sanitarios surgidos en estos cultivos a lo largo de estos años (ROBERTS & TICKNOR, 1970; APPLETON⁵ *et al*, 1996). Las plagas de aves, estorninos principalmente, que anidan en las plantaciones y se comen los frutos; los ciervos que ramonean las plantas; los ratones y topillos que oradan galerías alrededor de las plantas desecando las raíces y se comen el tronco de las plantas jóvenes; las enfermedades, algas y plagas de insectos que dañan los brotes, las hojas y los frutos (HERRIDGE, 1960; MERRILL *et al*, 1986; HARTMAN *et al*, 1984); y los daños ambientales, de las heladas, el sol excesivo, el encharcamiento...

Además se debe controlar el **crecimiento** de las plantas en los primeros años de instalación en campo para evitar que se produzcan crecimientos excesivos y que durante el verano se sequen estos brotes (ORTON, 1988; GEHNRICH, 1988; OBESO, 1997¹; OBESO, 1997³). En los primeros dos años se recomienda que las plantas no crezcan más de 50 cm (GALLE, 1997). En las plantaciones de ramilla ornamental se trata de conseguir un crecimiento de tamaño medio, equilibrado y similar todos los años para producir una ramilla de tamaño adecuado, aproximadamente 50 cm de longitud con tres años de edad, para la que no se necesita crecimientos demasiado grandes (APPLETON², 1996).

3.4.3.3. Recolección de las ramillas.

La cosecha de ramillas ornamentales en las plantaciones de acebo existentes en Estados Unidos dura desde el 1 de noviembre hasta el 10 de diciembre aproximadamente (ROBERTS & TICKNOR, 1970). Se comienza la cosecha cuando las bayas del acebo ya están totalmente maduras sin esperar tampoco demasiado tiempo para que no se desprenda el fruto de la rama (APPLETON⁶, 1996).

No se define una edad fija a partir de la cual se puede comenzar a obtener una cosecha de ramillas de acebo. En algunas zonas del Noroeste de Estados Unidos comienzan a producir a partir de los 6-8 años (ROBERTS & TICKNOR, 1970), en otras no lo hacen hasta los 10-12 años de edad (APPLETON⁶, 1996) al igual que ocurre en British Columbia (Canadá) (LITTLE, 1974), mientras que en el Este de Estados Unidos no empieza hasta las 12-15 años (GALLE, 1997).

Si se comienza a cortar prematuramente se reduce el vigor de la planta, y su producción se ve claramente disminuida y retardada (APPLETON⁶, 1996). Se debe cortar ligeramente en los primeros años cuando comience a ser rentable la producción.

La cosecha debe realizarse de una forma equilibrada, se deben cortar ramillas en todo el árbol y proporcionadamente en todas las ramas (APPLETON⁶, 1996). Se puede cortar entre 1/3 y 1/4 de las ramas laterales con frutos existentes en la planta, estas se volverán a formar en 2 o 3 años (ROBERTS & TICKNOR, 1970). Se puede realizar una corta más fuerte ocasionalmente en un año de buena producción de fruto (APPLETON⁶, 1996).

Se recomienda dejar unos centímetros de la ramilla cortada para que las yemas latentes existentes en ella puedan brotar y se formen nuevos brotes a partir de ella. Las cortas ligeras mejoran la calidad y el tamaño de las ramillas producidas y mantiene una producción estable durante muchos años (APPLETON⁶, 1996).

Se sabe que el acebo es capaz de tolerar cortas fuertes, pero posteriormente su crecimiento y la producción de fruto se ven muy afectados reduciéndose drásticamente durante los 2 o 3 años posteriores (ROBERTS & TICKNOR, 1970). Si se realizan cortas



demasiado fuertes durante 5 o más años consecutivos el acebo entra en decadencia y acaba muriendo (GALLE, 1997).

El proceso de preparación, almacenamiento y transporte de estos adornos dura aproximadamente entre 2 y 6 semanas. El acebo es un producto perecedero y es necesario prevenir su desecación, defoliación y el oscurecimiento de sus hojas y frutos. Se recomienda que el acebo debe ser cortado, preparado y empaquetado en el día para su correcta conservación hasta su llegada al consumidor final.

El trato de este producto no debe ser excesivamente rudo, antes de su empaquetado suele ser parcialmente secado y una práctica habitual realizada sobre el acebo cortado es un baño hormonal: se le aplica una disolución de ácido alfa-naftalenacético (NAA) en una concentración superior a 40 ppm y nunca superior a 200 ppm, para mantener más tiempo el fruto maduro en la ramilla antes de su caída. También es usual la adición de una disolución de 25-30 ppm de Cu, mediante un sulfato de cobre, para evitar la presencia de enfermedades fúngicas.

Se almacena en cajas de cartón recubierto con ceras y sellado de manera que no pierda humedad excesivamente, y con un trazo de plástico transparente para que pueda verse el estado en el que se encuentra el producto en todo momento.

Son muy importantes las condiciones en las que se mantienen almacenados los adornos florales elaborados con acebo. Hay tres condiciones que inciden fundamentalmente sobre el acebo cortado durante su almacenamiento y definen el tiempo que es posible mantenerlo en buenas condiciones: la temperatura, la humedad y la presencia de gas etileno.

La humedad debe mantenerse elevada, pero no en exceso. Estudios de la Universidad de Oregón prueban que una humedad en torno al 100% produce una más rápida decoloración y defoliación del producto que con una humedad ambiental en torno al 85% (ROBERTS & TICKNOR, 1970).

La presencia de etileno en cantidades mínimas, entre 0,01 y 0,1 ppm (FJELD *et al*, 1995), acelera la defoliación y caída del fruto inmediata. Este es un gas que producen de forma natural en los frutos en el proceso de maduración, por lo que debe evitarse que el acebo sea transportado y almacenado junto a frutas.

La temperatura también debe controlarse, hay estudios (FJELD *et al*, 1995) que muestran que la vida del producto se reduce al 50% de estar conservado a una temperatura de 0° C, a estar a una temperatura de 7° C. Para su conservación, es necesario mantenerlo fuera de los rayos directos del sol y en habitaciones refrigeradas.

4. REGENERACIÓN NATURAL



4. REGENERACIÓN NATURAL.

4.1. INTRODUCCIÓN.

Actualmente la regeneración natural del acebo no presenta problemas para la persistencia de la especie en nuestros bosques. En la mayoría de los pinares y hayedos del Sistema Ibérico Norte se encuentra un gran número de pequeños brinzales bajo la cubierta del bosque. Sin embargo, en las acebedas y en aquellos bosques en los que existe abundante ganado pastando libremente en el monte, la presencia de regenerado, tanto de acebo como de otras especies, es muy escasa e incluso inexistente.

La expansión del acebo dentro de las propias acebedas no ha ocurrido de forma homogénea en los últimos años. Desde 1936 hasta la actualidad pueden reconocerse al menos dos periodos diferentes a través de los documentos existentes. Por un lado se han recogido las fotografías aéreas de la Acebeda de Garagüeta, de los años 1957, 1977 y 1984, y por otro los mapas de vegetación en 1936 y 1992 realizados por MONTTOYA (1994) incluidos en el Proyecto de Ordenación de esta acebeda. La comparación de estos documentos muestra que ha existido un crecimiento de la masa, tanto en extensión como en densidad, entre los años 1936 y 1977, y desde entonces, en las últimas décadas, ha aumentado la densidad de la masa pero no se observa la aparición de nuevas cepas aisladas procedentes de semilla colonizando nuevas zonas, de ahí el interés del estudio de su regeneración natural, haciendo especial énfasis en las acebedas del Sistema Ibérico Norte.

Para ello, se ha realizado una prospección de las diferentes zonas de la acebeda describiendo el estado de la regeneración de la masa, se han instalado una serie de parcelas permanentes para el estudio de la evolución del regenerado en las zonas de espesura trabada, y se han llevado a cabo una serie de ensayos para estudiar el efecto de los diversos factores que afectan a la regeneración de semilla en las zonas no arboladas.

4.2. REGENERACIÓN POR SEMILLA EN LAS ACEBEDAS

4.2.1. Factores que afectan a la regeneración.

Es posible distinguir dos grandes grupos de factores que afectan o condicionan la regeneración natural por semilla: la producción de semilla viable; los factores que podríamos denominar “naturales” o “intrínsecos” al propio suceso, como son el clima, las condiciones edáficas y topográficas, y la competencia, tanto intra como interespecífica; y por otra parte, los “extrínsecos” al proceso natural de la regeneración, o “antrópicos”, debidos a las actividades humanas, tales como el aprovechamiento de los montes o el pastoreo.

Factores naturales

La luz

El acebo en nuestro país está considerada como una especie de media sombra (MONTTOYA, 1994), aunque en Centroeuropa está catalogada como una especie invasora, y por tanto, de luz (POTT, 1990).



En efecto, es importante tener en cuenta las diferencias de radiación solar existentes entre las latitudes del centro-norte de Europa y las españolas, tanto la intensidad solar como el período lumínico son mayores en la Península Ibérica, y aunque las acebedas españolas se encuentran en zonas montañosas de la mitad norte, a elevada altitud, la influencia mediterránea solo se consigue mitigar en una pequeña proporción, teniendo que soportar la especie los rigores de un estío escaso en precipitaciones y con elevadas temperaturas.

Si bien, las plantas adultas soportan estas condiciones climáticas sin dificultad, éstas pueden suponer un escollo difícil de superar para las pequeñas plántulas, sobre todo unidas a otras condiciones, naturales o antrópicas, también desfavorables para la regeneración.

La temperatura

La temperatura no parece suponer un serio freno sobre la regeneración natural de las masas de acebo del Sistema Ibérico Norte. La muerte de jóvenes brinzales de acebo por motivo de extremas temperaturas, ya sean máximas o mínimas, va ligada a problemas de otro tipo, ya sean edáficos o de disponibilidad de agua. Aunque, no se debe olvidar la posibilidad de heladas tempranas o tardías, características del clima mediterráneo, que pueden causar graves daños a las jóvenes plántulas.

El suelo

En algunas zonas de los acebares del Sistema Ibérico Norte la acumulación excesiva de restos orgánicos sobre la superficie podría impedir que las plántulas nacidas en primavera puedan sobrevivir al verano. Su elevada porosidad favorece que se produzca la desecación, y que se retenga muy poca humedad durante el verano, pudiendo ser este efecto letal para los brinzales jóvenes. Por otro lado, la atmósfera, húmeda y templada, que se produce en la hojarasca en descomposición durante la primavera puede crear un clima idóneo para la germinación de la semilla, favoreciendo así la regeneración natural.

En definitiva, la acumulación de restos orgánicos en el suelo puede producir efectos negativos o positivos en la regeneración natural, según su profundidad y extensión.

La topografía

Respecto a las condiciones topográficas óptimas que favorecen la regeneración del acebo, las orientaciones más favorables son las de umbría o con cierta humedad, y con unas pendientes moderadas, comprendidas entre el 5 y el 20%.

Los límites altitudinales más adecuados son muy variables, dentro de los propios de la distribución de la especie, con la orografía, topografía y latitud.

La humedad

Sin duda la humedad, ligada a la capacidad de retención del suelo, es uno de los factores, junto a la luz, que más influencia tienen en la regeneración en estos montes.

La escasez de humedad agudiza otros problemas edáficos, como los creados por la excesiva acumulación de restos orgánicos en el suelo y los de competencia, de especial importancia en estas masas y que se comentarán a continuación.



La competencia

La competencia con el matorral ocupa un papel secundario, ya que el acebo es capaz de regenerarse y crecer en compañía de los matorrales presentes en sus masas naturales. Suponiendo estos, incluso, un beneficio para la regeneración de la especie al proteger a las plántulas durante su desarrollo del ganado.

Sin embargo, la competencia intraespecífica sí supone un problema importante en la regeneración de las acebedas, fundamentalmente en sus masas de espesura trabada. En estas zonas de elevadísima densidad, la competencia se manifiesta en años especialmente secos con el puntisecado de multitud de individuos adultos, e incluso con la muerte de algunos pies.

Por otra parte, la cubierta herbácea de las zonas adehesadas de la acebeda impide que las semillas caídas puedan llegar a ponerse en contacto con la tierra mineral, la germinación, o no tiene lugar, o si se produce la radícula no alcanza la tierra, por lo que se deseca o se hiela y la plántula muere. Por otra parte, si el tapiz no es tan denso algunas plántulas logran atravesarlo, es frecuente que durante el verano estas plántulas jóvenes mueran por sequía.

Factores antrópicos o extrínsecos

Aprovechamientos leñosos de las acebedas

Los aprovechamientos tradicionales de leña en estas masas, en la actualidad totalmente abandonados, se realizaban cortando una serie de pies verdes por huroneo y retirando de la masa los árboles secos. El efecto de estas cortas sobre la regeneración supone un favorecimiento de la reproducción vegetativa de la masa, al no permitir la reproducción por semilla al mantenerse las condiciones juveniles de las plantas.

El desbroce de matorral para aumentar el terreno de pastizales, sí tiene un efecto negativo para la regeneración por semilla al hacer desaparecer los matorrales en cuyo interior se regenera el acebo.

Aprovechamiento ganadero

El pastoreo existente en la totalidad de las acebedas del Sistema Ibérico Norte, supone uno de los principales obstáculos para la regeneración natural por semilla. En la mayoría de los casos la carga ganadera que soportan es excesiva.

El cálculo de la carga ganadera óptima, el acotamiento de ciertas partes del monte, y la mejora de zonas de pastizales, no presentan ningún problema técnico y podrían solucionar los efectos perniciosos del pastoreo sobre la regeneración natural por semilla en algunas zonas de las acebedas. Sin embargo, las servidumbres de pastoreo de los montes, la importancia social del mismo en esas zonas, así como los problemas de falta de recursos económicos para llevarlas a cabo, impiden su realización.

Uso Recreativo

A pesar de la enorme potencialidad de estos montes para su uso recreativo, este recurso aún no se ha desarrollado, por lo que, el escaso número de visitantes que afluyen a estos montes no ejercen una influencia sobre la regeneración que merezca la pena considerar.



4.2.2. Muestreo previo.

4.2.2.1. Metodología

Se llevó a cabo un muestreo mediante transectos y parcelas temporales a lo largo de toda la superficie de la acebeda para la cuantificación del regenerado existente.

Se dividió la acebeda en zonas homogéneas de acuerdo a la composición y estructura de la vegetación para simplificar los efectos de la incidencia de algunos de los factores que afectan a la regeneración, como la luz o la hojarasca del suelo.

Se consideraron tres zonas diferentes: la denominada “zona densa” de acebo; una segunda zona de pastos sin vegetación leñosa; y, una tercera zona formada por el borde del bosque con matorral espinoso y acebos maduros dispersos, y la zona de pastizal con cubierta de matorral. Estas zonas a su vez se subdividieron en partes según la altitud.

En cada una de las subzonas definidas se realizaron transectos con una intensidad de muestreo constante de 20 m/ha. Al tratarse de superficies pequeñas se realizaron recorridos de 100 m siguiendo las curvas de nivel, su punto de inicio se situó mediante una malla sistemática cuadrada de 400 m de lado orientada hacia el norte. Posteriormente, se instalaron parcelas temporales de 0,5 m x 0,5 m, en las que se estudió con más detalle sus características fisiográficas, su vegetación y la regeneración existente. Se estudiaron un total de 28 parcelas repartidas por toda la acebeda.

En cada parcela se midieron los siguientes parámetros: pendiente, orientación, erosión, pedregosidad, grado de cobertura, encespedamiento y vegetación; se cuantificaron las plántulas de semilla, los brotes de raíz y de cepa existentes, y sus edades.

La regeneración de semilla existente en las parcelas se clasificó en 3 grupos siguiendo el siguiente criterio, utilizado por PETERKEN (1966):

- Grupo 1: plántulas con hojas cotiledonares, en general con 1-2 años de edad.
- Grupo 2: pequeños brinzales sin hojas cotiledonares, de 2-4 años de edad.
- Grupo 3: brinzales jóvenes, entre 5-10 años.

La distinción entre los grupos 2 y 3 se realizó a través de las cicatrices dejadas en el tallo por las escamas protectoras de las yemas terminales de las plántulas que pueden permanecer visibles hasta 8-10 años.

4.2.2.2. Resultados y Discusión

Se ha encontrado una regeneración por semilla muy escasa, y solamente en tres tipos de enclaves: en las zonas densas de acebo, debajo de matorrales espinosos, y en las orlas de los acebos maduros.

En las parcelas instaladas en las zonas densas de acebo se ha contabilizado un elevado número de plántulas, hasta 38 en 0,25 m². Todas las plántulas eran menores de 5 cm, el 80% pertenecían al grupo 1, y el resto al grupo 2. Se han encontrado también numerosas plantas de pequeñas dimensiones procedentes de reproducción vegetativa, brotes de raíz y cepa.

En las parcelas instaladas en las zonas con matorrales espinosos han aparecido debajo del matorral algunos acebos jóvenes procedentes de semilla. Estos acebos, de unos 20-30 cm de altura, tenían una edad entre 6 y 10 años (grupo 3). En raras ocasiones, podemos encontrar en los transectos algunas pequeñas cepas de acebo asociadas a matorrales espinosos. Presentan la forma de un típico matorral almohadillado, aunque no superan los 1,3 m de altura, sus diámetros en la base son mayores de 7,5 cm, y se encuentran tan recomidos por el ganado que se pueden considerar dominados por el mismo. (Foto 8 en el Anexo 10).



En la mayoría de las cepas hembra se ha encontrado algún arbolillo joven (mayor 1,3 m de altura) de diferente sexo a la cepa adulta. También, han aparecido abundantes plántulas de acebo (grupo 1), en el interior de la orla espinosa que rodea estas cepas. Según MORGAN² (1987) se podría afirmar que esta regeneración dentro de la orla de los acebos hembra supone un equilibrio entre la sombra, la competencia y la protección contra el ramoneo.

No se ha detectado ningún brinzal en las zonas de pastos. Este hecho puede deberse a la concurrencia de uno o varios de los siguientes factores: la falta de aporte de semilla, el exceso de presión del pastoreo, el excesivo encespedamiento del suelo, la sequía estival, la excesiva exposición a la luz de las plantas jóvenes, etc. Se ha observado que el abastecimiento de semillas varía mucho de un lugar a otro en distancias muy cortas (ARRIETA, 2001).

Podría esperarse que la regeneración fuera mayor en las zonas donde existe más aporte de semillas, pero este no es el caso. La regeneración no es más exitosa bajo los acebos hembra, que es donde mayor aporte de semillas hay (ARRIETA, 1999). En cambio, en los matorrales espinosos que tienen una baja circulación de brinzales en todos los grupos y alta estructura de edad (vease 4.2.3.1) es donde se encuentran los escasos brinzales de mayor edad que aparecen.

Este hecho obliga a diferenciar de ahora en adelante entre las poblaciones sin regeneración con un elevado aporte anual de brinzales del primer grupo, pero con una baja incorporación de plantas en el último grupo, como las zonas densas, y otras zonas con menos brinzales jóvenes pero con más éxito en su supervivencia.

4.2.3. Evolución del regenerado en las zonas densas

4.2.3.1. Metodología

Se instalaron 12 parcelas permanentes de 0,5 m x 0,5 m en tres localizaciones diferentes de la zona densa de la acebeda, en ellas se localizó y cuantificó el regenerado cada dos meses el primer año, y tres veces al año posteriormente: al inicio y final del periodo vegetativo, y a mitad de invierno. Se situaron seis parcelas en dos zonas donde no se observaban indicios de la presencia del ganado, y las seis restantes en las parcelas experimentales permanentes instaladas para el ensayo del tratamiento selvícola de resalveo. En tres de ellas, elegidas al azar, se colocaron jaulas de exclusión para protegerlas del efecto del ganado (su situación puede verse en el Plano de Localización de Parcelas en el Anexo 2).

Además de los datos de la regeneración natural por semilla fueron anotados en todas las revisiones la cobertura del suelo por la hojarasca, la presencia de otras especies, los signos de erosión, la pedregosidad superficial, la abundancia de fruto en el suelo, los brotes de cepa y de raíz presentes y el color de las hojas de los brinzales. Las características fisiográficas y dasométricas de las zonas estudiadas están descritas en el apartado 6.3.2; resumiendo, se puede decir que se trata de un bosque cerrado con una cubierta arbórea exclusivamente de acebo, con una espesura trabada, una densidad media de 25.000 pies/ha, un diámetro cuadrático medio de 5,8 cm, su suelo es generalmente pedregoso y de escasa profundidad con una pendiente entre 10-20 % y orientado al oeste o suroeste. La zona resalveada, se diferencia fundamentalmente por su menor densidad con 5.350 pies/ha y un diámetro cuadrático medio de 8,5cm. Su descripción detallada se encuentra en el apartado dedicado a los tratamientos selvícolas (Pag. 192).

Se han utilizado los conceptos de “Renovación Anual” y “Estructura de Edad” de los brinzales definidos por PETERKEN & TUBBS (1965). El concepto de “Renovación Anual” expresa el flujo de brinzales en las parcelas permanentes. Este parámetro presenta la ventaja de la posibilidad de evaluar el cambio incluso cuando el valor del flujo sea nulo, cuando muere el mismo número de plantas que se incorporan.



$$\text{Renovación Anual} = \frac{100 * (\text{Ganancias} + \text{Perdidas})}{\text{Total antes} + \text{Total actual}}$$

Además de estudiar la Renovación Anual, función de la ganancia por germinación y pérdida por muerte, es interesante realizar un análisis de sus componentes más detalladamente en cada caso. También presenta gran interés complementar este índice con el estudio de la tasa de incorporación de los brinzales de un grupo al siguiente y el porcentaje de mortalidad de cada grupo.

PETERKEN & TUBBS (1965) definen la “Estructura de Edad” de los brinzales, complementario al anterior, como una expresión cuantitativa del número de brinzales mayores que existen frente al total. Este índice fluctúa entorno a 0, cuando los grupos 2 y 3 están ausentes o son escasos, y en torno a 1, cuando los brinzales del grupo 1 son escasos existiendo plantas en los otros dos grupos. Los valores de la estructura de edad solo han sido calculados cuando el número total de brinzales presentes era superior a 5 (PETERKEN & TUBBS, 1965).

$$\text{Estructura de edad} = \frac{\sum \text{Grupo 2} + \sum \text{Grupo 3}}{\sum \text{Grupo 1} + \sum \text{Grupo 2} + \sum \text{Grupo 3}}$$

PETERKEN (1966) en su estudio calcula los parámetros de renovación anual y estructura de edad a partir de los datos de las parcelas en el mes de septiembre. Sin embargo, en este trabajo se ha considerado más adecuado elaborarlos en los meses de abril-mayo haciendo coincidir el año de estudio con el inicio de cada nuevo periodo vegetativo. Este cambio no afecta a los valores medios de la Renovación Anual, pero sí supone un cambio sustancial en los valores de la Estructura de Edad para cuyo cálculo se utilizan valores instantáneos diferentes.

4.2.3.2. Resultados y Discusión

En todas las parcelas muestreadas se observó un importante aporte de semilla en el suelo, no existiendo diferencias significativas entre ellas ($\alpha > 90\%$).

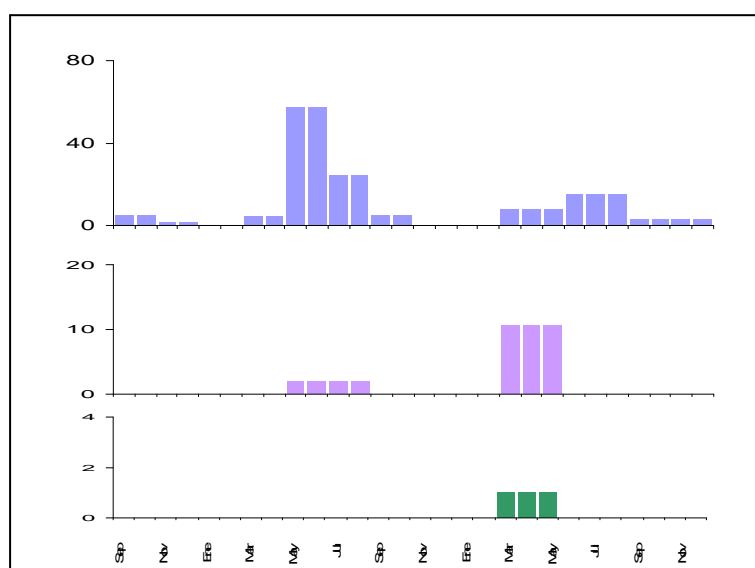


Figura.4.1.- Incorporación mensual de brinzales en las parcelas estudiadas.

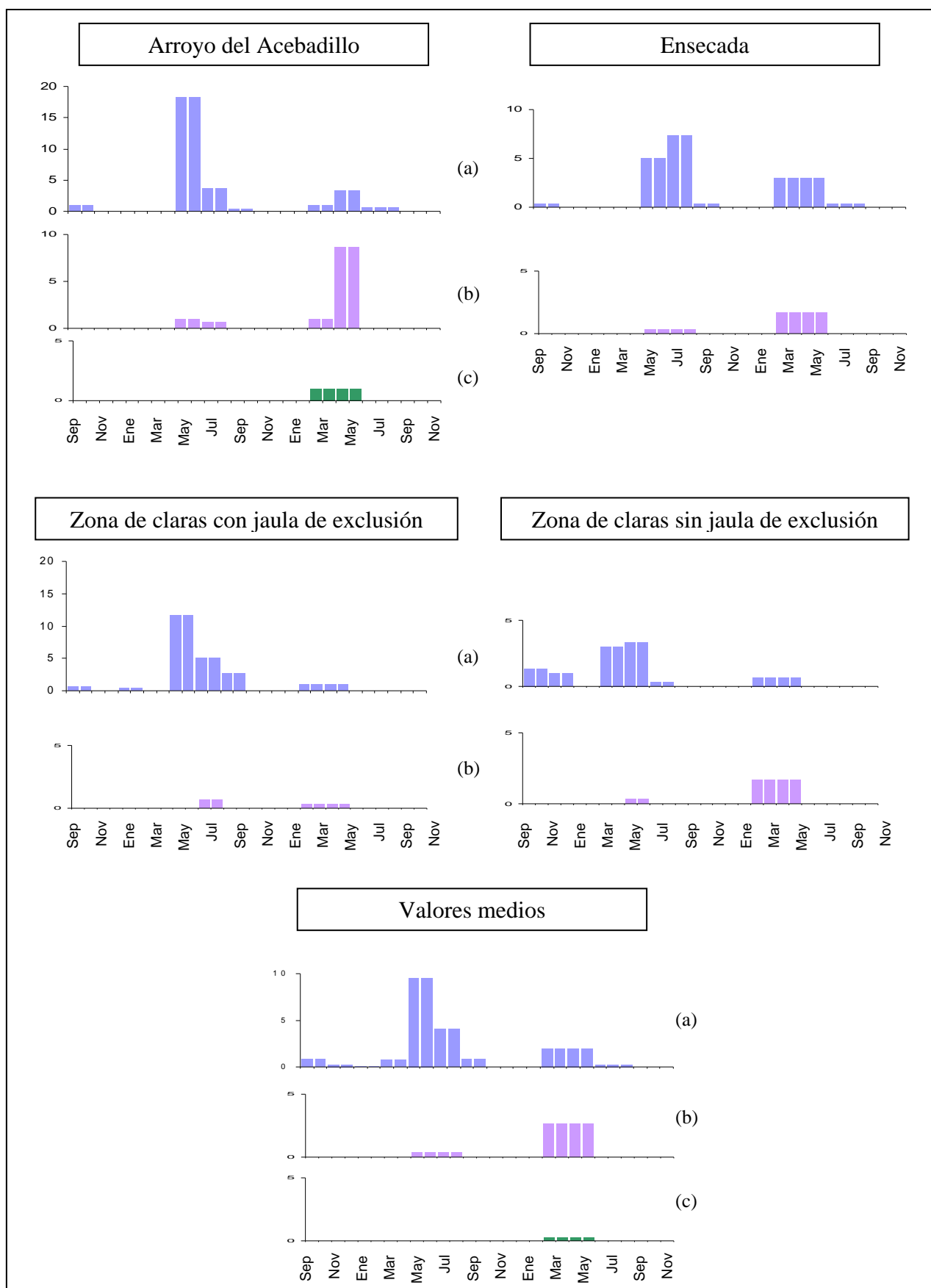


Figura 4.2.- Datos medios por parcela de incorporación de brinzales. (a) Incorporación al grupo 1, (b) Incorporación al grupo 2, (c) Incorporación al grupo 3.



Los brinzales de acebo comienzan a emerger a partir de marzo, incluso en febrero en años de primavera temprana, apareciendo principalmente en los meses de mayo y junio, y continuando la nascencia a lo largo de todo el verano, aunque en un porcentaje mucho más bajo que en los meses anteriores (Figura 4.1).

La emergencia media anual de plántulas, 38,3 plántulas/m², es adecuada para conseguir la regeneración, y muy superior a la obtenida por PETERKEN (1966) en zonas con cubierta densa de acebo, en las cuales los problemas de regeneración existentes se debían fundamentalmente a la presión ganadera.

Esta densidad de emergencia es muy variable en las parcelas estudiadas (Figura 4.2). También, se aprecia una gran variación en la aparición de brinzales de unos años a otros en una misma parcela (Figura 4.2.a).

El número de brinzales en las parcelas del “Arroyo del Acebadillo” es siempre mayor que en el resto de las zonas estudiadas. Por otro lado, en las parcelas con jaulas de exclusión, situadas en la zona aclarada, el número de plántulas que aparece es tres veces mayor que en las parcelas sin protección de la misma zona. Sin embargo, sin tener en cuenta esta diferencia numérica se aprecia que la evolución en el tiempo de la incorporación de regenerado ha sido similar en todas las parcelas estudiadas (Figura 4.2.a).

Se han encontrado mayoritariamente brinzales del grupo 1, en un porcentaje muy inferior aparecen los brinzales del grupo 2, y solamente se han contabilizado a lo largo de los tres años del estudio 4 plantas del grupo 3 (Figura 4.3), todas en la zona denominada “Arroyo del Acebadillo”.

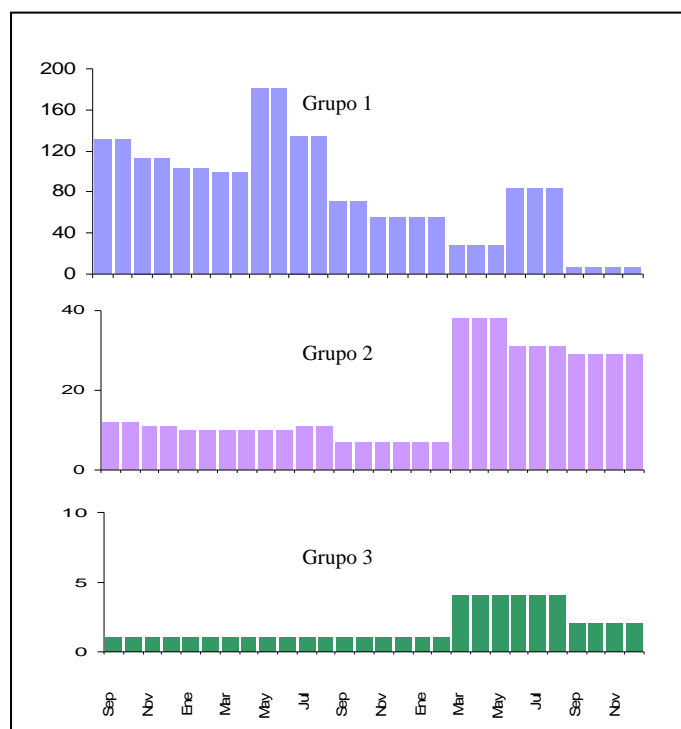


Figura 4.3.-Número total de brinzales existentes en las parcelas muestreadas.

La estructura de edad de los brinzales tiene un valor muy bajo en todas las parcelas (Tabla 4.1), con una media de 0,24, lo que indica la abundancia de brinzales de los grupos más jóvenes.



Tabla 4.1. Datos medios de la evolución del regenerado a lo largo del experimento por localizaciones y años.

		Estructura de Edad	Renovación Anual		Porcentaje de Supervivencia	
			(Grupo 1)	(Grupo 2)	(Grupo 1)	(Grupo 2)
Valores en cada zona de muestreo	Arroyo del Acebadillo	0,32	129,51	57,88	32%	74%
	Ensecada	0,07	147,24	50,00	26%	0%
	Claros con jaulas de exclusión	0,22	147,39	177,78	31%	25%
	Claros sin jaulas de exclusión	0,25	161,70	143,75	27%	30%
Valores anuales	Año 97	0,08	54,96	26,27	39%	18%
	Año 98	0,06	166,95	111,76	30%	34%
	Año 99	0,47	232,26	67,16	7%	49%
	Valor Medio General	0,24	151,39	68,53	27%	32%

Mortalidad

De las 174 plántulas nacidas en 1998 a los cuatro meses de su emergencia, en noviembre, sólo sobrevivían 25 plantas, y un año después, en la primavera de 1999, tan solo quedaban 11 brinzales. Esta circunstancia es representativa de lo ocurrido en los tres años estudiados, durante los cuales la mortalidad fue mucho mayor en el grupo 1 (Figura 4.4).

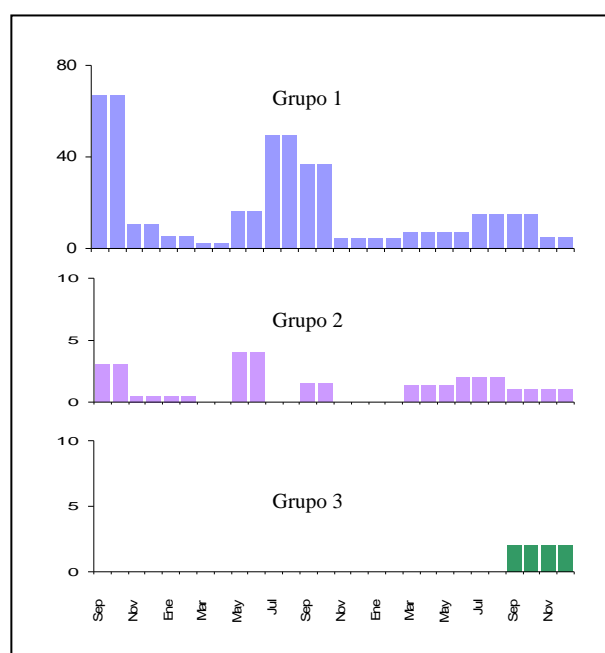


Figura 4.4.-Número total de brinzales muertos cada mes en las parcelas muestreadas.

Los brinzales del grupo 1 mueren a lo largo de todo el año con un porcentaje de mortalidad mensual entre el 20-40%; se aprecia un ascenso en los meses de primavera-verano, en que mueren la mayoría de las plántulas (Figuras 4.4 y 4.5). Sin embargo, en las parcelas de la zona aclarada, la tasa de mortalidad mensual es significativamente más elevada ($P < 0,05$) que en el resto de las zonas en los meses de julio a octubre, llegando a alcanzar valores entre el 60-80%, sin existir diferencias significativas entre las parcelas de esta zona, con jaulas de exclusión o no (Figura 4.5).

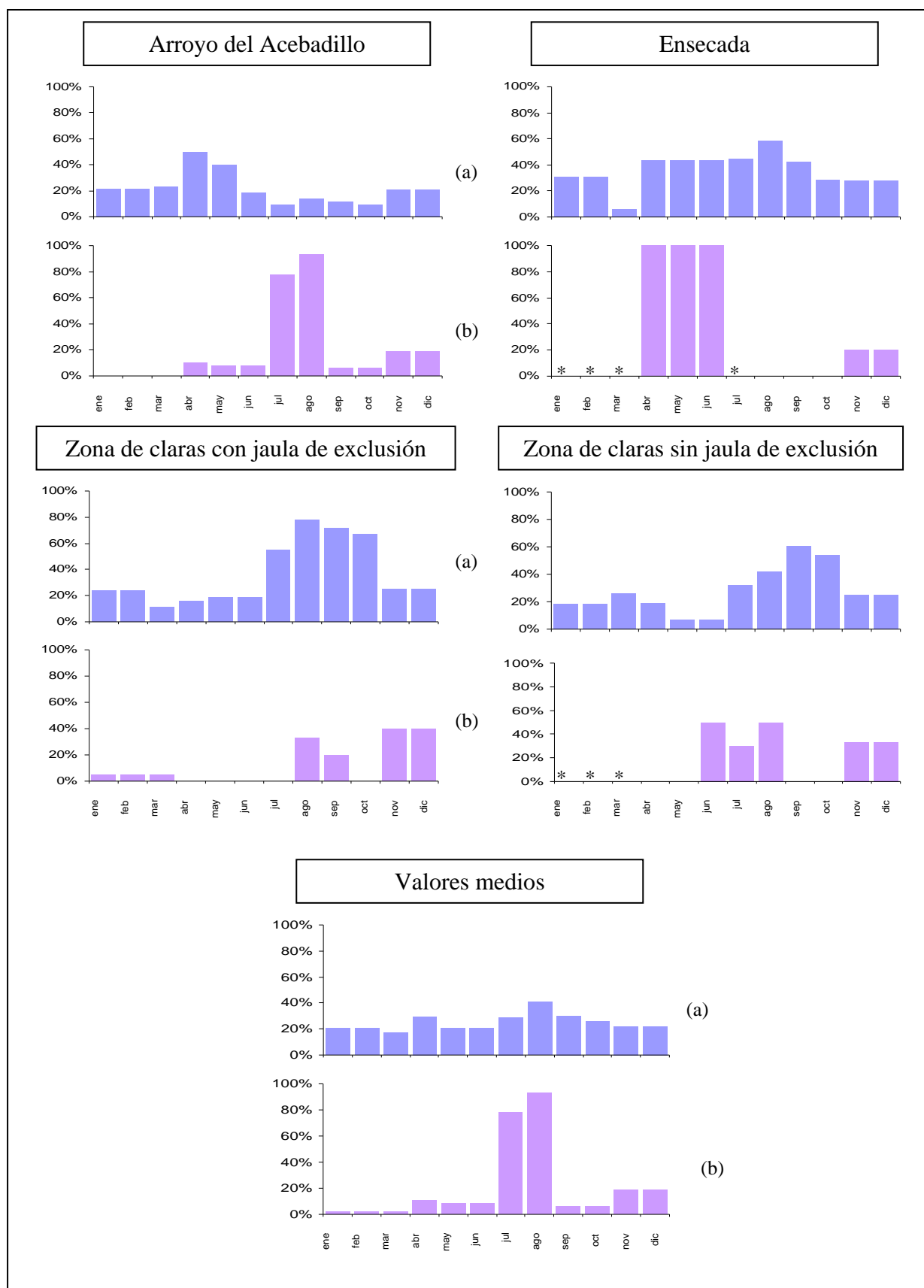


Figura 4.5.- Porcentaje mensual de mortalidad de brinzales. (a) Mortalidad del Grupo 1, (b) Mortalidad del Grupo 2.
* Periodos sin brinzales en dichas parcelas.



La mortalidad media anual de las plantas de este primer grupo es del 73%, con una variación entre las diferentes zonas muestreadas mínima, tan solo de $\pm 1\%$, pero con una variación anual en los tres años estudiados mucho mayor, que oscila entre el 93% y el 61%.

Lo mismo ocurre con la variación de tasa de renovación anual de este grupo de brinzales, cuya media es de 151, siendo sus valores bastante variables según años, y muy similar en todas las zonas estudiadas (Tabla 4.1).

Estos índices de renovación anual indican un elevado grado de actividad en este grupo de brinzales. Según los estudios de PETERKEN (1966) para obtener una regeneración adecuada basta con tener un valor del 70 en la renovación de los brinzales del grupo 1. Por tanto, suponemos que el aporte de brinzales al grupo 2 en esta zona es suficiente.

En las plantas del grupo 2 se observa que su muerte se produce con un porcentaje de mortalidad mensual muy bajo durante la mayor parte del año, en torno al 10%, y mucho más elevado en verano, entre el 80-90%. Este hecho se produce de igual manera en todas las zonas estudiadas, excepto en las parcelas protegidas del ganado en las cuales la muerte de las plantas ocurre de una manera más difusa, los porcentajes mensuales de mortalidad del verano son inferiores, aproximadamente entorno al 30% y la desaparición de las plantas se produce en un periodo más largo de tiempo (Figura 4.4).

El porcentaje medio anual de mortalidad de los brinzales del grupo 2 en los tres años estudiados es del $68 \pm 12,7\%$ con una renovación media anual de 68,53, esto indica que existe un flujo importante de renovación en este grupo, la regeneración está activa: la incorporación de nuevas plantas es adecuada aunque la mortalidad es muy elevada como se ha visto. Según PETERKEN (1966) un índice de renovación del 50% en los brinzales del grupo 2 sería suficiente para obtener una renovación exitosa, en este caso el índice de renovación anual es bastante superior.

El flujo de plantas en el grupo 3 no es suficiente para poder estudiar los parámetros anteriores, solo se incorporan 3 plantas a él y se produce la muerte de una de ellas.

La variación anual de los parámetros analizados (Tabla 4.1) está claramente influenciada por las condiciones climáticas, en el año 1998 la primavera se adelantó hasta el mes de febrero y posteriormente hubo una fuerte sequía que se prolongó hasta el otoño, y el año 1999 fue climáticamente muy suave con una primavera y verano relativamente húmedos.

PETERKEN (1966) establece a partir de los índices anteriores las condiciones necesarias para que se produzca la regeneración: un adecuado aporte de semillas, una tasa de renovación para el grupo 1 mayor del 70%, una tasa mayor del 50% para el grupo 2, y mayor del 20% para el grupo 3, y finalmente, liberar a los brinzales del exceso de ramoneo. Como ya se ha visto anteriormente en este caso se cumplen las 3 primeras condiciones, por tanto los problemas de regeneración de esta zona deberían de buscarse en las otras dos.

Parece claro que uno de los mayores problemas actualmente para lograr el éxito de la regeneración en estas zonas es el insuficiente aporte de brinzales al grupo 3, o lo que es lo mismo, la elevada mortalidad de las plantas del grupo 1 y 2.

Al hablar de la regeneración en sentido amplio debemos tener en cuenta que además de los brinzales en estas parcelas de la zona densa de la acebeda encontramos plantas jóvenes procedentes de brotes de cepa y de raíz, las cuales compiten con estos por la supervivencia, y que se encuentran en los primeros años de vida con la ventaja de contar con un sistema radical ya desarrollado que las sustenta.

En casi la totalidad de las parcelas estudiadas se han encontrado más de 4 brotes de cepa o raíz, todos ellos de dimensiones muy superiores a los brinzales, con 0,8-1 m de altura y entorno a 1-1,5 cm de diámetro en la base, el 90% presentan la guías recomendadas, e incluso en las parcelas con jaulas de exclusión estos chirpiales son atacados por el ganado al salir de ellas.



Otra peculiaridad que se presenta al estudiar la regeneración del acebo es el rebrote de plantas aparentemente secas, que se produce en mayor medida en las procedentes de reproducción vegetativa. Esta circunstancia puede producir algunas anomalías en los resultados al haberse contabilizado al principio como muertas. El porcentaje de plantas muertas que han rebrotado ha sido un 9% del total, incluidas las vegetativas.

Factores que causan la mortalidad

Entre las posibles causas de mortalidad de los brinzales se pueden señalar la presión del ganado, la fauna silvestre y los pequeños roedores, la insuficiente humedad del suelo producida por la sequía, la competencia por el agua y los nutrientes con las plantas adultas, la capa de hojarasca que cubre el suelo, e incluso la falta de luz en el suelo (MORGAN, 1987¹; PETERKEN, 1966). También destacan como factores influyentes en la regeneración la gestión y perturbaciones sufridas por el bosque en el pasado y las variaciones locales de factores ambientales, como las condiciones del suelo, el régimen de luz y la vegetación del estrato herbáceo (MORGAN, 1987¹).

Puesto que los brinzales jóvenes tienen unas tasas de mortalidad mayores que los viejos, se puede suponer que estos deben estar sujetos a una cantidad mayor de factores que causen su muerte, o ser sensibles a un rango mayor de intensidad de los mismos factores, ya que las tasas de mortalidad fluctúan en el paso de uno a otro grupo como se ha visto (Figura 4.5). Los coeficientes de correlación entre las tasas de mortalidad de los dos primeros grupos son elevados ($r_c=0,79$), lo que implica que, al encontrarse en las mismas condiciones ambientales, la importancia relativa de los factores que afectan a la mortalidad cambia con la edad.

La importancia relativa de estos factores puede ser estimada a partir de los restos de los brinzales muertos (PETERKEN, 1966), aunque desafortunadamente en este estudio, gran parte de ellos desaparecen sin dejar rastro, y no es posible definir las causas exactas de su muerte.

Destaca como una causa importante de la muerte de los brinzales la insuficiente humedad en las capas superficiales del suelo. La mayor incidencia se produce sobre el regenerado joven, más someramente enraizado.

En general, las plántulas presentan un buen aspecto con un color de las hojas verde oscuro que no denota indicios de posibles carencias de nutrientes. En algunos brinzales, fundamentalmente plantas del grupo 2, se ha observado algún indicio de clorosis en las revisiones anteriores a su desaparición, pero no se tienen evidencias de que su muerte se deba a deficiencias de nutrientes.

Otras causas de mortalidad señaladas por PETERKEN (1966) son el exceso de sombreado y la cubierta de hojarasca del suelo. Las condiciones de luz eran similares en todas las parcelas muestreadas, y muy superiores a los límites que soporta la especie. Según TYRON (1953) esta especie es capaz de sobrevivir en zonas en las cuales las condiciones de iluminación son mínimas, pudiendo llegar incluso al 1-3 % de la luz exterior.

También MORGAN (1987²) señala que en las parcelas densas de *Ilex aquifolium* se excluye la regeneración principalmente como resultado de la sombra, pero quizás también debido a factores secundarios como la profundidad de la hojarasca y la competición de las raíces. No se han encontrado síntomas de ahilamiento en ningún caso, por lo que no parece probable que la falta de luz cause la muerte de los brinzales.

Además, se debe señalar también el efecto protector de la cubierta sobre el regenerado, al impedir o al menos dificultar el acceso y la movilidad del ganado en estas zonas, y evitar con su sombra la pérdida de humedad de las capas superficiales del suelo (MORGAN, 1987¹). Esta circunstancia podría explicar la significativamente mayor mortalidad en verano de los



brinzales en la zona de claras, la desaparición del microclima existente bajo el denso dosel de las copas del acebo que con su ambiente umbroso ayuda a mantener la humedad en el suelo durante los meses de verano, unida a que la mayor intensidad de luz existente en el suelo en estas parcelas tras la clara aumenta también las necesidades hídricas de las pequeñas plántulas.

En los bosques templados, la presencia de extensas áreas de hojarasca es comúnmente indicador de un bosque con una densa cubierta arbórea. MORGAN (1987²) en sus estudios encuentra una fuerte relación entre el número de brinzales y la cubierta de hojarasca, concluyendo que el efecto de la hojarasca podría ser interpretada como la valoración indirecta de la incidencia de la sombra en la regeneración.

En consecuencia, según este autor una extensa cubierta de hojarasca podría ser usada como un claro indicador de una fuerte presión de la sombra sobre el estrato herbáceo y el regenerado. Esta simplificación parece excesiva, ya que nuestras parcelas se encuentran en zonas extremadamente densas, con muy poca luz, y sin embargo la cantidad de hojarasca en el suelo no es acorde con lo esperado según esta teoría. El efecto del viento y el pisoteo del ganado puede generar extensas zonas de suelo desnudo igualmente desfavorables para la regeneración.

Además, el papel de la hojarasca en la regeneración de los árboles es complejo. A menudo la hojarasca estimula la germinación de las semillas y retarda su desecación, aunque si es demasiado densa impide el acceso de los brinzales hasta el suelo mineral.

Por lo tanto, la relación entre la hojarasca y la presencia de brinzales presenta una particular situación, difícil de generalizar, que con frecuencia dependerá de la extensión e intensidad de la influencia de los factores ambientales locales, tales como microclima, propiedades del suelo y tipo de depósitos orgánicos.

En estas parcelas la capa de hojarasca que aparece en estas zonas es bastante escasa y no parece suponer ningún problema para el enraizamiento de los brinzales. Al contrario, podría generar un clima favorable para la germinación de la semilla. Pero no se puede establecer una correlación clara entre esta y la luz o la regeneración como propone MORGAN² (1987).

En todos los trabajos recogidos en los que se estudia la regeneración de especies arbóreas se trata el efecto del ganado sobre el regenerado (PETERKEN & TUBBS, 1965; MORGAN, 1987¹; MORGAN, 1987²; MITCHELL, 1990; PETERKEN, 1966, HALL *et al*, 1993). Casi siempre se considera su efecto negativo para el éxito de la regeneración, aunque entre la bibliografía consultada se encuentran algunas excepciones. MITCHELL, (1990) concluye su trabajo afirmando que la historia del acebo está íntimamente ligada al ganado, y que en algunas zonas de Holanda y Dinamarca el ganado contribuye determinantemente al establecimiento y expansión del acebo (STOCKMAN, (1975), citado en MITCHELL, 1990).

En New Forest (Hampshire, Inglaterra), un bosque mixto de haya y roble con importantes masas puras de acebo, PETERKEN & TUBBS (1965) estudian la relación entre las oscilaciones históricas de la carga ganadera y las del regenerado, y determinan la existencia de tres generaciones arbóreas, resultado directo de las variaciones de la presión del ramoneo desde 1650. Estas tres generaciones han sido fechadas en épocas de baja presión de ramoneo de los bosques.

La base del modelo de regeneración que definen PETERKEN & TUBBS (1965) es la suposición de que existe una relación sencilla e inversa entre el número de animales ramoneando y la tasa de regeneración. Suponen que esta relación determinará las principales características de la estructura del bosque y por lo tanto, debería esperarse: una falta de regeneración durante los periodos de elevada presión del ramoneo, y una extensa regeneración durante los de baja presión.



Según MORGAN, (1987¹) este simple modelo no es evidente, y hay patrones conflictivos en la estructura del bosque de New Forest, difíciles de explicar con el modelo de PETERKEN & TUBBS. Por ello, desecha una explicación tan simplista de la relación entre el ramoneo y la regeneración, pero reconoce que este es, y durante años ha sido, la mayor influencia existente sobre la regeneración, pero que también se debe considerar la actuación de otros factores.

MORGAN (1987¹) define un nuevo modelo en el que deben tenerse en cuenta los cambios en la presión del ganado y la importancia del sotobosque para poder predecir la extensión y densidad de la regeneración.

Considera también este autor (MORGAN, 1987²) que el intento de evaluar los daños del ramoneo sobre la regeneración por medio del estudio de sus daños sobre los brinzales en un único estudio del bosque no es aceptable. En zonas donde existen otros problemas añadidos que dificultan la regeneración los brinzales ocasionales, pueden ser más intensamente ramoneados que en áreas donde la regeneración sea más densa con densidades de ganado similares. Existe una tendencia a extrapolar a partir de unos pocos individuos con graves daños de ramoneo concluyendo que el ramoneo es el principal responsable de la baja densidad de regeneración. Cuando de hecho, la relación podría ser la contraria, una pequeña cantidad de brinzales podrían resultar con más graves daños en los pocos casos en que ocurren los ataques.

Este autor sugiere que el sistema de regeneración no está totalmente dominado por el ramoneo, sino que la actual extensión y naturaleza de la incorporación del regenerado depende también en gran manera de la composición y estructura del bosque (MORGAN, 1987²).

Por otro lado, MITCHELL (1990) en su estudio sobre los efectos del pastoreo en Inglaterra, observó que los brinzales estaban más afectadas por el pastoreo de verano y los rebrotes por el de invierno. También HALL *et al* (1993) sugiere que el pastoreo en primavera es más dañino aumentando su incidencia con la densidad del ganado.

Entre los restos de brinzales muertos encontrados en las parcelas estudiadas han aparecido plántulas comidas, incluso dentro de las jaulas de exclusión. El pequeño tamaño de la mayoría de ellos en el momento de producirse los daños, apenas unos pocos centímetros, y la desaparición de casi la totalidad de la parte aérea de los brinzales, encontrándose tan sólo 1-1,5 cm del tallo, hacen pensar que los culpables de estas muertes sean pequeños roedores, y que no se trate de grandes ramoneadores silvestres o del ganado que pasta libremente por la acebeda. También PETERKEN (1966) indica a estos pequeños roedores como los posibles causantes de daños a brinzales en otras acebedas.

Aparecen también abundantes daños por ramoneo del ganado y la fauna silvestre en los chirpiales presentes en las parcelas de regeneración, los cuales no pueden haber sido causados por estos pequeños mamíferos, ya que se encuentran a alturas superiores a los anteriormente citados, entre 20 y 40 cm del suelo; e incluso aparecen comidas los chirpiales que sobresalen en altura de las vallas de las jaulas de exclusión. Este fenómeno ocurre fundamentalmente durante la primavera y el verano, de acuerdo con los resultados obtenidos por MITCHELL (1990) y HALL *et al* (1993) y al contrario de lo que ocurría en las acebedas de New Forest (PETERKEN, 1966).

Mediante la comparación de los datos de supervivencia obtenidos de los brinzales de los grupos 1 y 2 de las parcelas con exclusión del ganado y el resto (Tabla 1), se puede deducir que la incidencia del ganado sobre ellos no es determinante, o que al menos queda enmascarada con el efecto de otros factores que ejercen mayor influencia.

Teniendo en cuenta el pequeño tamaño de nuestros brinzales, es razonable pensar que el ganado, que frecuenta habitualmente estas zonas, cause más daños al regenerado por pisoteo que realmente por el ramoneo. En estas circunstancias, con la ausencia de brinzales de



mayor tamaño, el efecto indirecto del pisoteo del ganado compactando el suelo es posiblemente su mayor influencia sobre la regeneración por semilla.

No por ello se puede afirmar que el ganado no influya sobre la regeneración en estas zonas ya que este ejerce una influencia diferente dependiendo de la edad de las plantas (MORGAN¹, 1987). No se ha podido estudiar su incidencia sobre plantas del grupo 3, y sus daños sobre los chirpiales, de mayor tamaño que los brinzales existentes, son evidentes. La incidencia del ramoneo del ganado se observa con facilidad en los chirpiales, el 90% presentan las guías comidas, e incluso en las parcelas con jaulas de exclusión estas plantas son atacadas por el ganado al salirse de ellas.

Los elevados valores obtenidos para la tasa de renovación anual de los grupos 1 y 2 son coincidentes con los obtenidos por PETERKEN (1966) en zonas de sombreado denso, en los cuales existía una excesiva presión del ganado.

Finalmente se debe tener en cuenta que se ha realizado una simplificación de las causas de mortalidad de los brinzales y no olvidar la interacción de los efectos de unos factores sobre otros, como por ejemplo, que el ramoneo tiene el efecto de incrementar las necesidades de luz de los individuos para reemplazar la biomasa perdida, o que el efecto del ramoneo del ganado puede ser modificado por otras condiciones existentes en el bosque (MORGAN¹, 1987). La consideración detallada de todas estas interacciones excede las posibilidades de análisis de este estudio.

Resumiendo, se puede resaltar que:

- La causa principal de la mortalidad de los brinzales del grupo 1 es la falta de agua en las capas superficiales del suelo, aunque no puede despreciarse la incidencia del resto de los factores anteriormente citados.
- Las plantas del grupo 2 mueren principalmente por la competencia con los árboles próximos y la sequía del verano, aunque la incidencia de esta parece ser menor en las plantas de este grupo que en las más jóvenes.
- En el caso de los brinzales mayores, grupo 3, en las zonas densas no se puede discernir sobre su evolución. El pequeño número encontrado no permite obtener más conclusión que su insuficiente representación en estas zonas, pero no saber cual sería su porvenir a ciencia cierta, aunque se puede suponer que sufrirían los mismos daños por el exceso de ramoneo que los chirpiales jóvenes existentes en estas zonas, y siendo menos resistentes que estos tendrían tasas de mortalidad más elevadas. PETERKEN (1966) señala en su estudio que es este precisamente el factor que más afecta a los brinzales del grupo 3 y el que en la mayor parte de los casos limita el éxito de la regeneración.

4.2.4. Ensayos de regeneración en las zonas no arboladas

Se ha puesto en evidencia la falta de regeneración en los claros y las praderas, y la baja frecuencia de aparición de brinzales en el interior de las zonas de matorrales de los bordes del bosque. En los estudios realizados sobre regeneración en bosques de Gran Bretaña con esta especie (MITCHELL, 1990; PETERKEN, 1966; MORGAN, 1987¹) la mayor densidad de brinzales mayores de 5 años aparece precisamente en estas zonas del bosque.

Para estudiar los factores limitantes de la regeneración en dichas zonas se instalaron 12 parcelas permanentes de 100 m² a lo largo de los claros y bordes de la acebeda a corta distancia, entre 20 y 50 m, de la masa arbolada. La mitad se situaron en zonas de pastos solo con cubierta herbácea, sin matorral; y la otra mitad en praderas con una cubierta de matorrales espinosos superior al 50% de la superficie. Se han diferenciado ambas puesto que en los matorrales se posan las aves, dejando semillas de acebo en ellos.

Se evitó el efecto negativo del ganado sobre la regeneración del acebo mediante el vallado de 6 de las parcelas instaladas. Se utilizó un diseño de parcelas apareadas, situándose



las parejas de parcelas contiguas separadas por un pasillo de 3 m de ancho entre la parcela sin vallar y la vallada. Las vallas se situaron a 1 m de distancia del borde de la parcela, y el vallado se realizó a la vez que su instalación en febrero de 1996.

Se realizó un seguimiento de la aparición de brinzales en ellas durante tres años con la misma periodicidad que en las zonas densas, 2-3 meses. Al no encontrarse ningún nuevo brinzal durante este periodo de tiempo, se procedió a realizar nuevas acciones para favorecer la regeneración.

PETERKEN (1966) señala entre los problemas de regeneración el excesivo encespedamiento y la compactación del suelo de las praderas, los cuales, en definitiva, son también consecuencia del exceso de presión ganadera durante años en la acebeda. Se dividieron las parcelas en dos partes de igual superficie y en una de ellas se laboreó superficialmente el terreno de pradera en diciembre de 1998.

En febrero de 2000 seguía sin haber brinzales en estas parcelas, lo que se achacó a un deficiente aporte de semilla.

Se comprobó esta hipótesis mediante el aporte de semillas al suelo. En diciembre de 1999 se procedió a su siembra. Se volvió a dividir las subparcelas anteriormente utilizadas en tres nuevas parcelas de 3,3 m x 5 m: en una de las cuales se sembraron frutos enteros de acebo, en otra se utilizó semilla limpia, y la tercera se dejó como testigo. La densidad de semilla sembrada fue de 2,5 kg/ha en todas las parcelas.

Será necesario esperar entre 3 y 5 años para obtener resultados y poder discernir con certeza la compleja problemática de la regeneración del acebo en estas zonas de las acebedas.

4.3.REBROTE DEL ACEBO

4.3.1.Metodología

Para completar el estudio de la regeneración natural del acebo, se analizó su capacidad de rebrote. Se llevó a cabo durante los dos años posteriores a la realización de una corta de rejuvenecimiento en las plantas seleccionadas para realizar un ensayo de métodos de revitalización de cepas de grandes dimensiones con signos de decaimiento, emulando las condiciones en las cuales se cortaba la leña tradicionalmente en estos montes.

Estas cepas presentan tangencia de copas siendo difícil la diferenciación de la superficie ocupada por cada una (Plano de localización de parcelas experimentales). En estas zonas la pendiente es, en general suave, en torno al 15%. Sus características dasométricas medias son las siguientes: diámetro medio de la cepa entre 14 y 16 m; altura total de 6-8 m; y la suma de secciones a 1,3 m en torno a 120 dm².

En el centro de cada cepa se abrió una faja de 6 m de anchura, cortándose así los troncos más gruesos, que presentaban abundantes signos de decrepitud. Esta corta supuso aproximadamente un 40% de la suma de las secciones a 1,3 m. Tres de ellas, seleccionadas al azar, se vallaron para impedir el acceso del ganado a la zona cortada. En cada cepa se muestrearon dos zonas de 0,5 m x 0,5 m cada año: una situada en el borde de la misma, a 1 m del perímetro exterior del acebo; y otra en el centro de la faja. La recolección de las muestras se llevó a cabo al final del periodo vegetativo los dos años siguientes a la realización de las cortas.

Se midieron: el número de brotes de cepa y de raíz; la situación, longitud y diámetro de cada uno de ellos; el diámetro de la cepa de la que procedían y el número de brotes por cepa; y su estado (ramoneados por el ganado o no). Se cuantificó también la biomasa en fresco y tras su secado en estufa a 105°C hasta peso constante.

Las variables estudiadas el primer año fueron las siguientes: cantidad total de brotes emitidos, diámetro y longitud de los mismos, número de brotes de cepa, número de brotes de



raíz, número medio de brotes de cepa por tocón, porcentaje de brotes ramoneados, peso verde y peso seco total de la biomasa producida.

La primera medición del rebrote se realizó a finales de octubre de 1997 y la segunda en noviembre de 1998. Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente. Para el análisis de la varianza se ha utilizado un modelo trifactorial incompleto con los factores: la cepa, la localización de la parcela dentro de la cepa y el vallado o no de la misma. Se ha trabajado con *lsmeans* y la separación de medias del análisis de varianza se ha realizado utilizando el test de Tukey con un grado de confianza del 95%, según las variables consideradas.

En el análisis de varianza fue necesario realizar transformaciones en algunas de las variables para lograr la normalidad de los residuos (SABIN & STAFFORD, 1990). Los cambios de variable realizados fueron los siguientes:

Tabla 4.2. Variables transformadas utilizadas en el análisis de varianza.

Primer año		Segundo año	
Variable inicial	Variable transformada	Variable inicial	Variable transformada
Nº total de brotes (B)	$B2 = \sqrt{B + 0,5}$	Longitud brotes (L)	$L2 = \sqrt{L + 0,5}$
Nº de brotes/tocon (T)	$T2 = 1/T$	Peso Fresco (PF)	$Lpf = Ln(PF)$
Longitud brotes (L)	$L2 = \sqrt{L + 0,5}$	Peso Seco (PS)	$Lps = Ln(PS)$
Peso Fresco (PF)	$Lpf = Ln(PF)$		
Peso Seco (PS)	$Lps = Ln(PS)$		

4.3.2. Resultados

4.3.2.1. Primer año.

No se han encontrado diferencias significativas ($P < 0,05$) en el número total de brotes entre parcelas para ninguno de los factores estudiados, ni tampoco para las interacciones consideradas. El número medio de brotes por parcela fue de $38,25 \pm 7,83$ brotes ($P < 0,05$), lo cual supone una densidad de chirpiales de 1.520.000 pies/ha.

Tampoco se encontraron diferencias significativas ($P < 0,05$) al comparar por separado los brotes de cepa y de raíz. El número medio de brotes de cepa fue sensiblemente mayor, $31,33 \pm 8,42$ ($P < 0,05$), que el de brotes de raíz, $6,92 \pm 6,74$.

En cambio, para el número medio de brotes por tronco cortado, sí aparecen diferencias significativas entre parcelas ($P < 0,05$). Se utiliza el test de Tukey para la separación de medias, apareciendo los siguientes grupos de parcelas (Figura 4.6):

6*	3*	2*	4	1	5
<hr/>					

Figura 4.6. Agrupación de parcelas según el test de Tukey ($P < 0,05$). Las parcelas unidas entre sí por una línea continua no presentan diferencias significativas. Las parcelas señaladas con * han sido valladas.

Existen también diferencias significativas en el número medio de brotes de cepa según la parcela esté vallada o no, siendo claramente mayor en las no valladas (Figura 4.7).

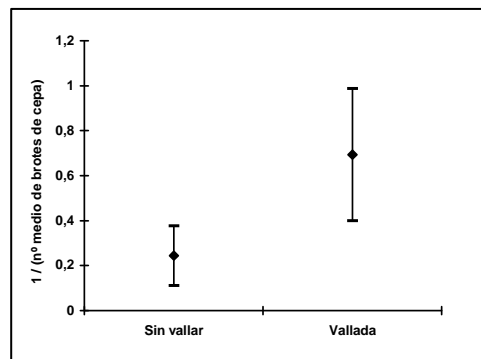


Figura 4.7. Valor medio e intervalo de confianza de $1/(\text{número medio de brotes de cepa})$ por parcela según el tratamiento ($P < 0,05$).

La longitud y el diámetro de los brotes están fuertemente correlacionadas ($\rho^2 = 0,64$ con $P = 0,02$). La correlación entre la variable longitud transformada y el diámetro es aún mayor aunque sin modificarse sustancialmente el coeficiente de correlación.

El diámetro medio de los brotes producidos, muestra diferencias significativas ($P < 0,05$) entre parcelas valladas y no valladas. El diámetro medio en la base de los brotes fue de $0,41 \text{ cm} \pm 0,04$ y $0,36 \text{ cm} \pm 0,02$ ($P < 0,05$) respectivamente.

En cambio, el crecimiento en longitud de los brotes no fue significativamente diferente ($P < 0,05$) entre parcelas valladas y no valladas, aunque existe una tendencia de mayores crecimientos en las parcelas valladas (Figura 4.8). El 50% de los brotes en las parcelas valladas midió menos de 14 cm, mientras que en las parcelas sin vallar el 50% tan solo miden entre 0 y 6 cm. Además, el porcentaje de brotes que mide menos de 10 cm es del 75% en las parcelas sin vallar mientras que tan solo es del 45% en las parcelas valladas.

Sin embargo, sí que encontramos diferencias significativas ($P < 0,05$) entre parcelas. Mediante el test de Tukey se forman dos grupos de parcelas que no se diferencian significativamente entre sí: por un lado las valladas y una de los no valladas (con un alto crecimiento), y por otro lado las no valladas y dos de las valladas, pudiendo solamente diferenciarse estadísticamente de manera significativa la parcela de mayor crecimiento (parcela 2) de las dos de menor crecimiento (parcelas 4 y 5) (Figura 4.9).

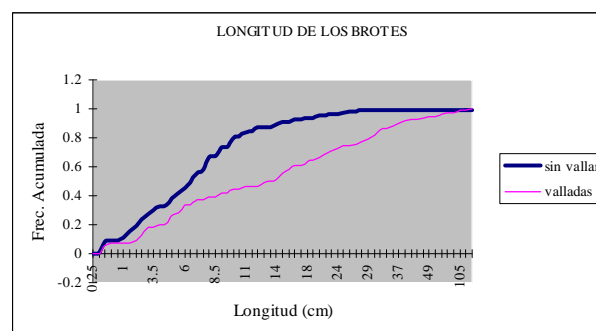


Figura 4.8. Curva de frecuencias acumuladas de la longitud de los brotes según el tratamiento.

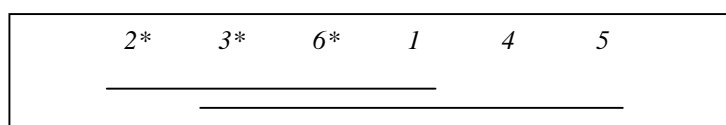


Figura 4.9. Agrupación de parcelas según el test de Tukey ($P < 0,05$). Las parcelas unidas entre sí por una línea continua no presentan diferencias significativas. Las parcelas señaladas con * han sido valladas.



El porcentaje de brotes ramoneados en cada cepa (sin vallar) no presenta diferencias significativas para la cepa, ni tampoco en función de su localización dentro de la propia cepa ($P < 0,05$). El porcentaje medio por parcela de brotes ramoneados es del $51,89 \pm 6,42 \%$ ($P < 0,05$).

El peso fresco y el peso seco no presentan diferencias significativas para las interacciones de segundo orden, ni entre parcelas ni según su localización en la cepa. Sin embargo, en las parcelas valladas tanto el peso fresco como el peso seco de la biomasa recogida es significativamente mayor ($P < 0,1$) que en las no valladas, siendo sus valores medios de $300 \pm 69,61$ y $114,83 \pm 32,63$ g respectivamente frente a $170 \pm 62,35$ y $61 \pm 23,60$ g en las no valladas.

4.3.2.2. Segundo año

Al estudiar la cantidad de brotes producidos a lo largo de los dos años posteriores a la corta, recolectados el segundo año se presentan diferencias significativas ($P < 0,05$) entre el número de brotes existentes en las parcelas valladas y en las no valladas (Figura 4.10), no existiendo diferencias significativas para el resto de los factores o interacciones. El número medio de brotes por parcela fue de $26 \pm 11,85$ brotes en las valladas y $75 \pm 29,8$ en las no valladas.

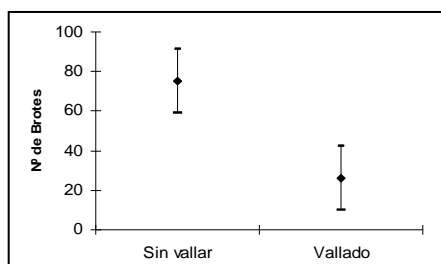


Figura 4.10. Valor medio e intervalo de confianza del número total de brotes por parcela según esté o no vallada la cepa ($P < 0,05$).

En el primer año, a pesar de no existir diferencias significativas ($P < 0,05$) entre las parcelas valladas y sin vallar, se podía observar que el número de brotes en las no valladas era mayor (Figura 4.7). Comparando los datos de estos dos años, se observa que el número de brotes en las parcelas sin vallar casi se ha duplicado, pasando de $47,5 \pm 31,26$ a $75 \pm 29,8$, mientras que en las no valladas ha permanecido prácticamente constante, con una media de $29 \pm 14,19$ el primer año y $26 \pm 11,85$ el segundo.

El diámetro y longitud de los brotes es significativamente mayor en las parcelas valladas ($P < 0,05$), con unas dimensiones medias de $0,68 \pm 0,18$ cm y $46,09 \pm 16,37$ cm respectivamente, frente a $0,26 \pm 0,21$ cm y $11,48 \pm 4,22$ cm en las parcelas no valladas. El elevado grado de correlación que presentaban estas dos variables durante el 1^{er} año se mantiene en el 2^o, con un coeficiente de correlación de 0,882 ($P < 0,001$).

Comparando los resultados obtenidos en los dos años, destaca el crecimiento en altura de los brotes de las parcelas valladas, que han duplicado su altura en tan solo un año, frente a los de las parcelas sin vallar que apenas han logrado incrementar su longitud un 30%. En el caso del crecimiento en diámetro, el diámetro en la base de los brotes de las parcelas valladas fue un 50% mayor que el año anterior.

De la misma manera que el año anterior no se presentan diferencias significativas ($P < 0,05$) en el porcentaje de brotes ramoneados por el ganado según la cepa o la localización de la parcela dentro de la misma. El porcentaje medio de brotes ramoneados asciende al $76,65 \pm 21,07\%$, bastante más elevado que el año anterior.



Se estudió también la ramificación de los nuevos brotes a través de tres variables: el número medio de ramas por brote, el porcentaje de brotes con ramificaciones y el porcentaje de brotes con ramificaciones de grado superior.

El porcentaje de brotes con ramificación y el número de ramas por brote presentan diferencias significativas ($P < 0,1$), siendo mayores en ambos casos en las parcelas valladas con el 56 ± 21 % de brotes con $3,8 \pm 2$ ramas. Sin embargo, el porcentaje de brotes con ramificación de grado superior no presenta diferencias significativas ($\alpha > 90\%$), este hecho no resulta especialmente indicativo puesto que el número de brotes con ramificaciones a su vez ramificadas es muy escaso, con tan solo el $8,41 \pm 1,11\%$ de los brotes.

La biomasa producida en los dos años transcurridos desde la corta en las parcelas valladas fue significativamente mayor ($P < 0,05$), tanto en peso fresco como en peso seco. Así mismo se deduce la fuerte incidencia del ganado sobre el rebrote: el peso fresco ha aumentado en las parcelas valladas de $300 \pm 69,61$ g a $1054,17 \pm 398,86$ g, y en las parcelas no valladas de $170 \pm 62,35$ g a $572,33 \pm 584,48$ g. El porcentaje de humedad de las muestras del 2º año es del 59%, similar al año anterior.

4.3.3 Discusión

Los resultados obtenidos después de la corta en los dos años estudiados, permiten afirmar que existen diferencias significativas en el rebrote del acebo entre las parcelas valladas y las no valladas.

Aunque el número medio de brotes en las parcelas sin vallar es mayor que en las valladas, las diferencias no son significativas ($\alpha > 90\%$) en el primer año después de la corta (Figura 4.10). Las diferencias significativas ($\alpha > 90\%$) existentes entre parcelas con el mismo tratamiento en el número medio de brotes por cepa el primer año desaparecen en el segundo, agrupándose las parcelas en dos grupos significativamente diferentes ($\alpha > 90\%$) coincidentes con las parcelas valladas y no valladas.

El hecho de que el segundo año, el número de brotes por parcela se haya duplicado respecto al año anterior en las parcelas sin vallar, mientras que en las valladas no se observen apenas nuevos brotes, indica que el acebo reacciona ante el ramoneo del ganado emitiendo nuevos brotes a través de un segundo periodo de crecimiento compensatorio, hecho que también se produce en otras especies sometidas a la incidencia del ganado (GILL, 1992).

Por otro lado, destaca que no existen diferencias significativas entre el número de brotes producido en los bordes y en el centro de la cepa estudiada, de lo que se puede deducir que el acebo ha brotado por igual en toda la cepa. Los troncos de la zona central de la cepa presentan edades muy superiores a los de los bordes de la misma (Capítulo 6) no apareciendo sin embargo diferencias significativas en el número de brotes producidos según la edad de los troncos.

A través del porcentaje de brotes ramoneados, se observa que no existen diferencias significativas ($P < 0,05$) en función de la situación dentro de la cepa en los dos años estudiados, con lo que se deduce que el ganado entra en toda la cepa y ramonea por igual en el borde que en el centro. Al no existir tampoco diferencias significativas en el porcentaje de brotes ramoneados entre las parcelas sin vallar, distribuidas por toda la acebeda, podemos suponer que el ganado se mueve por todo el monte, incidiendo por igual en todas las cepas. En el primer año más del 50% de los brotes están recomidos en las parcelas sin vallar, y más del 75% en el segundo, lo que hace pensar que la incidencia del ganado sobre el rebrote es bastante fuerte y no disminuye sustancialmente con la presencia de abundantes plantas jóvenes como sugieren HALL *et al* (1993).



La mayor incidencia del ganado sobre el rebrote se produce en primavera cuando los brotes nuevos están aún sin lignificar y cuando más carga ganadera existe en las acebedas. Este ataque al rebrote durante la época de crecimiento permite que, posteriormente, aún exista un corto periodo en el que el acebo emite nuevos brotes, aunque de menor dimensión que los anteriores.

Se puede deducir también a partir de estos resultados, que el grado de pastoreo de las acebedas es excesivo. El rebrote de las parcelas no valladas, como puede apreciarse en la fotografía 23 del anexo 10, se encuentra excesivamente recomido y totalmente dominado por el ganado.

En las parcelas valladas, evitándose así la incidencia del ganado sobre el acebo, el rebrote crece más en altura, su diámetro es mayor, y presenta una mejor conformación con un mayor grado y número de ramificaciones, se forman chirpiales más sanos y vigorosos, que podrían garantizar sin problemas la persistencia de la especie.

La elevada densidad de brotes producidos en las parcelas valladas, en torno al millón de pies por hectárea, provoca un elevado crecimiento en altura de los pies, con gran esbeltez y una copa muy poco desarrollada, puesto que en muchas zonas de la faja cortada, ya desde el primer año la espesura es completa y los chirpiales crecen en continua competencia por la luz.

En cuanto a la biomasa, en coincidencia con los resultados de la mayoría de los autores consultados (RIGGS & URNES, 1989; GILL, 1992; POLLANSCHÜTZ, 1996; HALL *et al.*, 1993), tanto el peso fresco como el peso seco son significativamente mayores ($\alpha > 90\%$) en las parcelas valladas. El acebo no es capaz de volver a compensar la biomasa desaparecida por el ramoneo del ganado: en el segundo año, el peso seco de biomasa recogida en las parcelas valladas ha aumentado en cinco veces su peso, mientras que en las parcelas sin vallar tan solo se ha triplicado.

El peso de la biomasa recolectada, tanto en verde como seco, en las parcelas valladas es aproximadamente el doble respecto a las sin vallar. Comparando estos resultados con los de otros estudios similares en otras especies (GILL, 1992; RIGGS & URNES, 1989; POLLANSCHÜTZ, 1996), esta diferencia no parece excesiva y por tanto, no se puede afirmar que exista una pérdida de productividad del acebo en las parcelas no valladas por la incidencia del ganado como sugieren RIGGS & URNES (1989).

El crecimiento de los chirpiales, como puede apreciarse en los resultados anteriores, es mucho mayor que el de los brinzales y su futuro, así como la persistencia del acebo en estas zonas estarían garantizados si se logrará una reducción efectiva de la carga ganadera sobre el rebrote. En la actualidad el exceso de ramoneo del ganado sobre el rebrote no permite el desarrollo de los chirpiales.

5. ESTRUCTURA DE LA MASA



5. ESTRUCTURA DE LA MASA.

5.1. INTRODUCCIÓN

Las acebedas del Sistema Ibérico Norte constituyen la principal representación en nuestro país de las masas puras de acebo existentes en la Península Ibérica.

Su origen es antrópico, procedentes de la degradación de los bosques de roble y haya, en los cuales aparece el acebo como vegetación acompañante. Según MITCHELL (1990), el papel del *Ilex* en la construcción de los bosques es facilitar la entrada de especies arbóreas mediante la transformación del humus mor en mull. Esta especie es capaz de colonizar los brezales formados en zonas despobladas o tras un fuego y posteriormente es desplazado y reducido por las especies que se desarrollan bajo él, fundamentalmente robles. Un tema bastante discutido es la posición de estos bosques en las series sucesionales, con diversidad de opiniones sobre su carácter climácico (PETERKEN & HUBBARD, 1972; BLANCO, 1997) o no (MONTOLYA, 1994).

Es difícil poder conocer el punto de partida y la evolución inicial de la masa, pero se sabe que una buena parte de las zonas actualmente ocupadas por pastizales y masas adehesadas de acebo estuvieron unos años atrás dedicadas a campos de cultivo agrícolas. Esto hace pensar que el acebo ha colonizado nuevas zonas de pastizales cercanos, a través de la regeneración en zonas de matorrales y la mayor ocupación del terreno hasta llegar a las elevadas densidades existentes en algunas zonas.

En la literatura, existen referencias a estos bosques desde muy antiguo; ya en el Paleolítico se citan los usos que hacía el hombre del acebo (ORIA DE RUEDA, 1990) y en los Fueros de Soria en 1196 se citan las acebedas al hablar de los aprovechamientos forestales (MONTOLYA, 1994).

El uso que tradicionalmente, al menos desde el S.XII, se ha hecho de estos montes es de típicas dehesas para el ganado mayor con aprovechamiento del acebo tanto para leñas como para ramón para el ganado; y son estos aprovechamientos los que han definido la actual estructura de las acebedas.

El tratamiento que han recibido estos ecosistemas ha sido semejante en todo el Sistema Ibérico Norte con algunos pequeños matices como: la estructuración del pastoreo, la carga ganadera, o el tipo de ganado; pero estas diferencias no han supuesto cambios destacables en su evolución.

Las acebedas, situadas fundamentalmente en montes propiedad de los Ayuntamientos e incluidos en el Catalogo de Montes de Utilidad Pública, presentan tres zonas de vegetación claramente diferenciadas: una zona de pastos, sin vegetación arbórea y con algo de matorral, principalmente de rosáceas y leguminosas en las vaguadas y zonas más húmedas; otra zona que podría considerarse como una “dehesa de acebo” con abundante matorral; y, finalmente, una masa pura de acebo con espesura completa, más o menos extensa y continua, según la superficie de la acebeda. Dada la gran similitud existente entre todas estas acebedas, este estudio se ha llevado a cabo en la Acebeda de Garagüeta, la más extensa y emblemática de todas ellas.



5.2. METODOLOGÍA.

Se ha estudiado el tipo de masa, su composición, origen y distribución diamétrica, la distribución espacial y el crecimiento diametral y en altura de sus pies.

Se ha dividido el estudio en tres partes: caracterización dasométrica de la masa, crecimiento, y análisis de la biomasa. En este capítulo se va a tratar solamente la primera parte, y en él se incluye la metodología de toma de datos, extensible a las otras dos partes.

5.2.1. Toma de datos.

5.2.1.1. Zona Adehesada

Se seleccionaron 73 cepas al azar, repartidas por todo el área de estudio y se midió la altura, el perímetro a ras del suelo y 2 diámetros cruzados en cada cepa. Se dividieron las cepas en cuatro clases en función de su altura total:

- ❑ Clase 1: Cepas menores de 1,5m.
- ❑ Clase 2: Cepas entre 1,5 y 3 m.
- ❑ Clase 3: Cepas entre 3 y 6 m.
- ❑ Clase 4: Cepas con más de 6 m.

Los datos de las cepas seleccionadas y preseleccionadas se encuentran en el Anexo 3. En la tabla siguiente (Tabla 5.1) se detallan los valores medios para cada clase. En el Anexo 9 se incluyen fotografías de una de las cepas seleccionadas de cada clase.

Tabla 5.1. Valores medios de cada una de las clases definidas.

Clase	Altura	Diámetro N-S	Diámetro E-O	Perímetro
1	1,22 m	1,25 m	1,26 m	4,32 m
2	2,59 m	2,33 m	2,19 m	7,04 m
3	5,41 m	4,51 m	4,48 m	14,0 m
4	7,55 m	6,36 m	6,56 m	20,9 m

Los troncos se cortaron a ras de suelo. Con ayuda de brújula y cinta métrica se situaron mediante coordenadas polares respecto del pie central, que generalmente coincidía con el más grueso y el más viejo. Los troncos que aparecían bifurcados por debajo de 1,30 m se consideraron como pies diferentes.

Se midió su altura total, el diámetro en la base, a 1,30 m y a 2/3 de la altura total. Se obtuvieron secciones transversales cada metro, a 1,30 m y a 2/3 de la altura total para el análisis de troncos, y se determinó la biomasa total en peso fresco y seco, incluida la hoja.

En las cepas de las clases 3 y 4, aparecía una orla que rodea a la cepa. Para su estudio se tomaron datos en coordenadas polares a intervalos angulares constantes de 30° de la distancia interior a la que se iniciaba la aparición de los acodos que la formaban y de su perímetro exterior.

También se realizó un estudio de la composición de la orla mediante el inventario de una parte de la misma elegida en una zona representativa: número de pies existentes, biomasa y análisis de edades de los pies más significativos. Además, se recogieron los acodos de mayor altura y diámetro del resto de la orla para su estudio. En la foto 12 puede verse la orla de un acebo con detalle.



5.2.1.2. Zona de espesura trabada

Se determinó la masa de espesura trabada mediante fotografía aérea y se procedió a la posterior comprobación sobre el terreno de la superficie definida. Se delimitó sobre el mapa a escala 1/8.000 y se planimetró la zona (Ver plano 1 en el anexo 2).

En total se han utilizado 45 parcelas temporales distribuidas por la Acebeda de Garagüeta. Se llevó a cabo un inventario en dos tiempos por muestreo. Se realizó un muestreo piloto de 5 parcelas de 100 m², en las que se midió el número de pies, su diámetro normal, la altura del estrato dominante, la regeneración, el estado fitosanitario de los pies y de la parcela en general, así como características fisiográficas de la parcela como pendiente y orientación.

El inventario se diseñó para estimar la densidad de la masa, utilizándose el número de pies/ha para el cálculo del tamaño de la muestra y la precisión del mismo. Este es un parámetro que expresa con bastante precisión la densidad de la masa, y se considera especialmente adecuado en masas en monte bajo (SERRADA, 1996).

La precisión seleccionada para el inventario fue un error relativo menor del 20 % con una probabilidad fiducial de 0,95, siguiendo las Instrucciones Generales para la Ordenación de Montes Arbolados (DIRECCIÓN GENERAL DE MONTES; 1971).

Con estas condiciones, se obtuvo un tamaño de muestra de 40 parcelas. Se utilizaron parcelas circulares de radio 2,52 m (20 áreas de superficie) y se situaron mediante una malla cuadrada de 107 m de lado. Su localización figura en el plano 1 en el anexo 2.

El error real de muestreo del inventario realizado fue del 5% ($\alpha > 95\%$), muy inferior al esperado.

Las variables dendrométricas medidas en cada una de las parcelas del inventario fueron las siguientes:

- ❑ Diámetro normal de todos los pies que superaban 1,30 m de altura, medidos con cinta π . Estos diámetros se agruparon en clases diamétricas de 5 cm. Se especificó si estaban verdes o secos, y la clase sociológica a la que pertenecía el árbol (dominante, codominante o dominado). Los pies menores de 2,5 cm no se midieron, sólo se contaron y se anotaron aparte.
- ❑ Altura total, diámetro normal, diámetro basal y edad del árbol del estrato dominante o codominante más cercano al centro de la parcela.

También se midieron otras características generales de la parcela, tales como número de pies verdes y secos, profundidad del suelo, erosión, pedregosidad, regeneración, vegetación, altitud, pendiente, orientación, existencia o no de hiedra y grado de cobertura de los árboles.

Una vez finalizado el inventario se apeó el árbol central dominante estudiado y otros dos pies, también dominantes, del borde de la parcela.

5.2.2. Elaboración y depuración de los datos

Antes de proceder a la elaboración de los modelos y al estudio de la estructura de la masa, fue necesario realizar una depuración de los datos. Se estudiaron las cuasidesviaciones típicas de las medias de la densidad, la edad y el diámetro en cada parcela o cepa y se realizó un test de datos aberrantes.

La decisión de eliminar determinados datos se tomó independientemente en cada situación, en función de los objetivos definidos para cada modelo, no eliminándose ningún dato inicialmente para todos los estudios posteriores.

Los datos resultantes del análisis de troncos se depuraron también de esta manera, puesto que la metodología de elección de los pies utilizados ya incluye un filtrado de los posibles pies con diferencias notables frente a los demás.



5.2.3. Estructura de la masa.

5.2.3.1. Zona adehesada

Este estudio se ha realizado en zonas de densidades intermedias, entorno al 20-30% de fracción de cabida cubierta, que permiten la identificación de las cepas individualizadas.

Se ha llevado a cabo una descripción general de la forma de las cepas y de cada uno de las clases definidas anteriormente y un estudio de la estructura de las cepas mediante el análisis del número de pies, altura, edad, diámetro y localización en la cepa de cada uno de ellos. La edad de cada uno de los pies de estas cepas se ha obtenido del análisis de troncos realizado para el estudio del crecimiento (Apartado 6.2.1).

Se han realizado esquemas a escala de cada una de las cepas estudiadas, en ellos se han representado las líneas interior y exterior que definen la orla de cada cepa. En algunos casos ha sido necesario realizar un cambio de coordenadas polares al no coincidir el árbol central seleccionado en campo como referencia para todas las medidas con el más viejo de la cepa.

Después, mediante los valores medios obtenidos para cada uno de los parámetros medidos en las cepas, se ha definido una cepa media para cada una de las clases definidas.

Por otro lado, a partir de los resultados del análisis de troncos, se ha analizado la evolución espacial y temporal de las cepas maduras (Clase 4), y se han llevado a cabo esquemas reconstructivos a escala, de cada una de estas cepas de la clase 4 a las edades de 25, 50, 75 y 100 años de manera similar a los realizados para cada una de las cepas cortadas.

Y finalmente, se han comparado los resultados obtenidos en estas reconstrucciones con la estructura actual del resto de las cepas estudiadas y se han relacionado sus divergencias con las variaciones de la presión antrópica a lo largo del tiempo en la masa.

5.2.3.2. Zona de espesura trabada.

Se ha realizado una caracterización dasométrica de la masa estratificada. No se han eliminado las parcelas en las cuales se observan indicios de acción humana, ya que en estas masas fuertemente intervenidas, tanto su estructura como su estado actual se debe a la acción antrópica.

Con los datos del inventario, se ha llevado a cabo una estratificación de la masa de espesura trabada por medio de la clasificación automática jerarquizada de las parcelas utilizando el nº de pies/ha, el diámetro medio cuadrático (dg), el área basimétrica (Ab) y la altura de dosel mediante el procedimiento CLUSTER del programa informático SAS[®] (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM Inc. 1990). Posteriormente, se volvió a realizar de nuevo la clasificación con la inclusión de las parcelas del muestreo piloto para buscar su localización dentro de los estratos definidos.

Finalmente, se presentan las principales características dasométricas de cada uno de los estratos: número de pies por hectárea, distribución de edades, altura de dosel, diámetro cuadrático medio y área basimétrica.

5.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.3.1. Zona adehesada.

5.3.1.1. Descripción general de las cepas.

El acebo es una especie muy plástica, cuyo porte varía sustancialmente con las condiciones del medio que le rodea. Las características generales de estas cepas, matorrales o



arbolillos de acebo son típicas de las plantas cuya forma ha sido modelada con el tiempo por el ganado, uno de los factores que más afectan a la forma y estructura de la especie. Su forma y estructura no varía excesivamente con el tiempo, manteniéndose más o menos constante según van creciendo en extensión hasta que se produce la tangencia de copas entre cepas.

Son cónicas con una pendiente suave y regular, de planta oval, más o menos circulares dependiendo de los obstáculos encontrados durante su crecimiento, la vegetación cercana, la pendiente del terreno y los accidentes del microrrelieve próximo. Como consecuencia del ramoneo del ganado en la zona baja de la cubierta, aparece una orla que suele alcanzar entorno a los 50 cm de anchura y una altura que oscila entre 1 y 1,5 m de altura y que recubre todo el perímetro de la cepa. En el croquis siguiente puede observarse la forma de un acebo tipo (Figura 5.1).

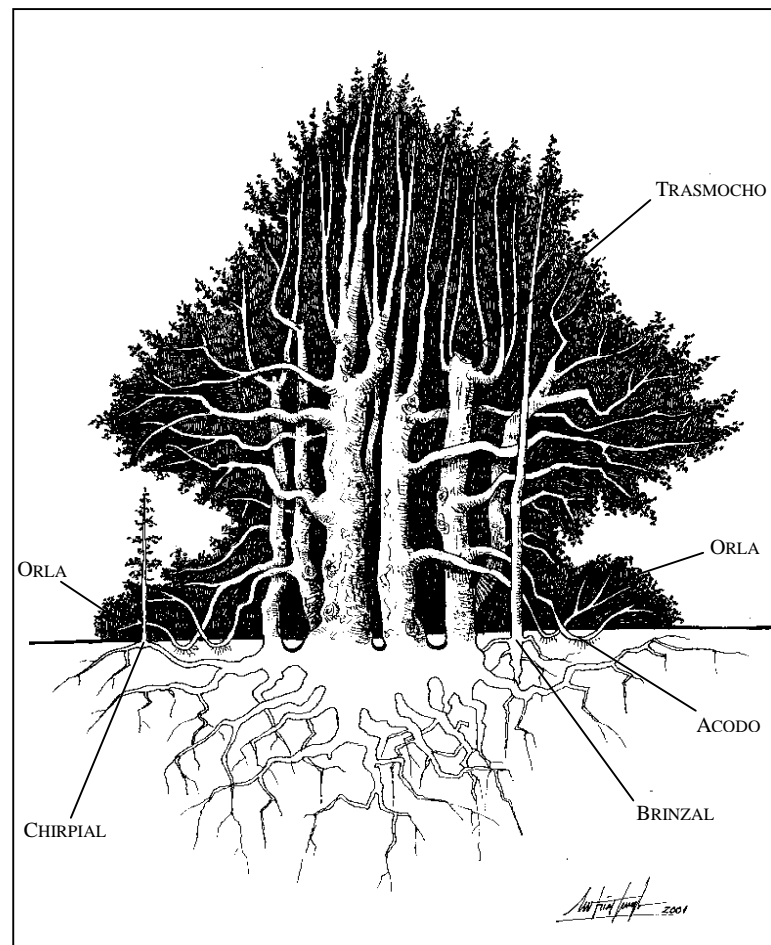


Figura 5.1. Croquis acebo (según FRÍAS, M.).

La altura y diámetro de la copa de las cepas son muy variables, pudiendo en su madurez alcanzar 12 m de altura con diámetros de más de 30 m de anchura. Con el tiempo se suele producir la fusión de varias cepas, dando lugar a grandes extensiones de acebo sin solución de continuidad que ocupan incluso decenas de hectáreas.

Su cubierta foliar es muy densa, oscura, continua y cerrada, la masa foliar está principalmente distribuida en su superficie, llegando tan solo a 30-50 cm de profundidad. Las hojas, localizadas en el extremo de las ramillas, perviven en el árbol entre 5 y 8 años. Dentro de la estructura de la cubierta, se diferencia claramente la orla, que presenta una mayor densidad de hojas de tamaño más pequeño y extremadamente pinchudas.



Aunque exteriormente tienen aspecto de árbol de fuste único, están formados por una gran cantidad de troncos verticales, la mayoría conectados entre sí por las raíces principales y por ramas horizontales, semienterradas y muy desarrolladas. El número de chirpiales que contiene cada cepa es muy variable, pudiendo llegar a superar el centenar y alcanzando densidades de 25.000 pies/ha dentro de la cepa.

Las cepas pudieron formarse a partir de un brinzal inicial del cual se han desarrollado abundantes acodos y brotes de raíz que han dado lugar al resto de los chirpiales que las componen. En este sentido puede decirse que la estructura es de monte bajo. Muchas de ellas sin embargo están formadas por 2 o más individuos, aunque se han desarrollado exteriormente de forma similar a las formadas por uno solo.

La orla de las cepas está compuesta fundamentalmente por ramillas finas de crecimiento horizontal, con abundantes acodos, ya que el enraizamiento de las ramillas horizontales enterradas en la orla no es raro. También, aparecen algunos chirpiales jóvenes, e incluso algún brinzal que logra sobrevivir en su interior.

Las cepas de acebo contienen también algunos arbustos de otras especies englobados en su copa, como por ejemplo: *Prunus spinosa*, *Crataegus monogyna*, *Cytisus scoparius*, *Rosa sps.* y *Rubus sps.* Estas especies, que se encuentran subordinadas, habrían llegado aparentemente a establecerse dentro de los acebos, o más bien, estos se establecieron en ellas, y han permanecido en un estado periférico, ahogados, desde entonces. PETERKEN & HUBBARD, (1972) consideran al *Ilex* como la única de las especies presentes en estos ecosistemas capaz de invadir arbustos del resto de las especies y, a su vez resistir y controlar las invasiones del resto de ellos, ya que el *Ilex* presenta una notable ventaja en su mayor longevidad.

En las acebedas estudiadas en Dungeness (Gran Bretaña), las cepas de acebo también presentan en su interior diversas especies de matorrales entre las que destacan *Lonicera peryclimenum*, *Rubus fruticosus*, *Prunus spinosa* y *Sambucus nigra*. La relativa proporción de cada especie en los matorrales estudiados está determinada por varios factores, entre ellos la longevidad, la tolerancia a la sombra, la resistencia a la invasión de otras especies, la fertilidad y dispersión de sus semillas y factores que afectan a su establecimiento y crecimiento (PETERKEN & HUBBARD, 1972).

La edad de las cepas de acebo es, en la mayoría de los casos, imposible de conocer. Los troncos centrales, generalmente de mayor edad, han sido cortados o han muerto y desaparecido, con lo cual mediante el análisis de troncos no sería posible saber la edad real de la cepa.

La mayor edad estimada en el análisis de troncos fue de 125 años de edad, aunque posiblemente haya cepas de edades superiores. La edad de los acebos estudiados en Dungeness supera los 170 años (PETERKEN & HUBBARD, 1972), aunque su edad absoluta no se conoce. Según estos mismos autores, los acebos pueden llegar a vivir 200 o 300 años.

Los brotes dentro de una misma cepa tienen muy diversas edades, la diferencia de edad entre troncos adyacentes y con los brotes más jóvenes en la zona exterior de la cepa puede alcanzar los 100 años.

5.3.1.2. Estructura y composición de las cepas.

Las características dasométricas medias de la clase 1 se muestran en la figura 5.2. En esta clase se han estudiado las características de las cepas a ras de suelo, pues no alcanzaban aún la altura normal.

Están formadas por un sólo tronco, con alguna excepción, con un diámetro medio en la base de 11,3 cm. Tienen un follaje muy pinchado, debido a su juventud y al ramoneo del ganado, superan todos ellos los 20 años, siendo su edad media de 24 años. Su aspecto cónico



o globoso, similar al de los arbustos almohadillados de alta montaña, se puede observar en la fotografía número 8 en el Anexo 10.

Las características dasométricas medias de la clase 2 se muestran en la figura 5.3.

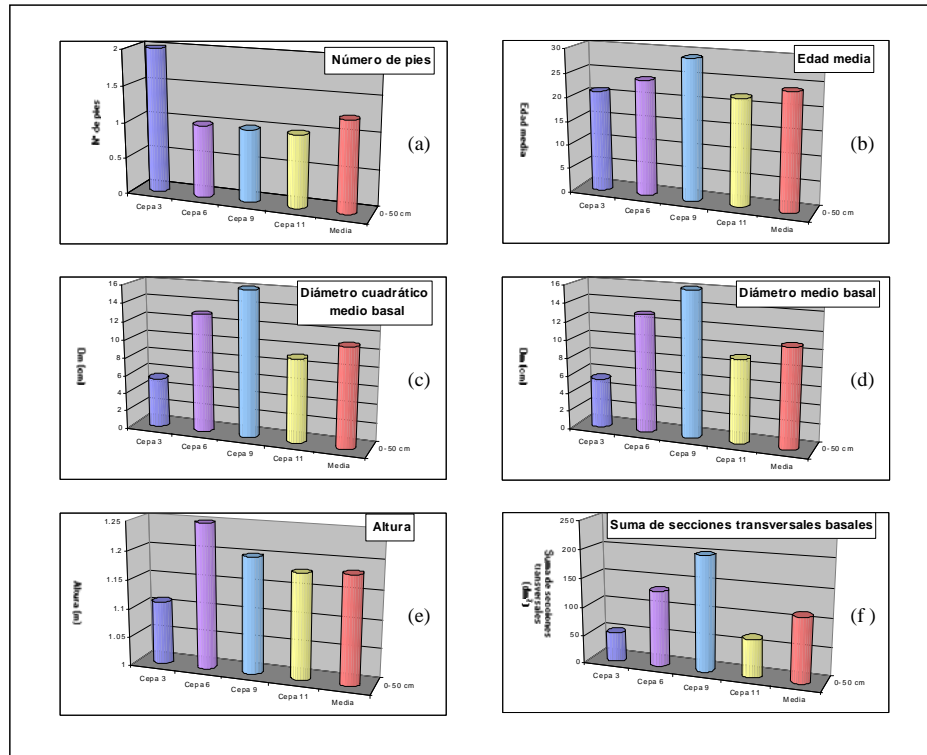


Figura 5.2. Características dasométricas de las cepas de la Clase 1.

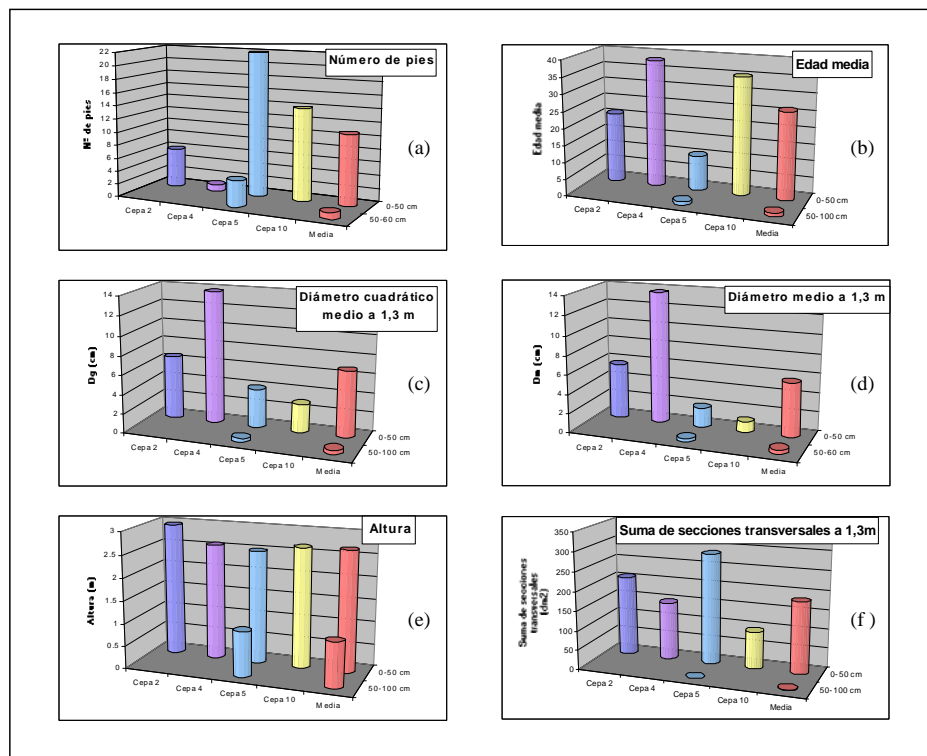


Figura 5.3. Características dasométricas de las cepas de la Clase 2.

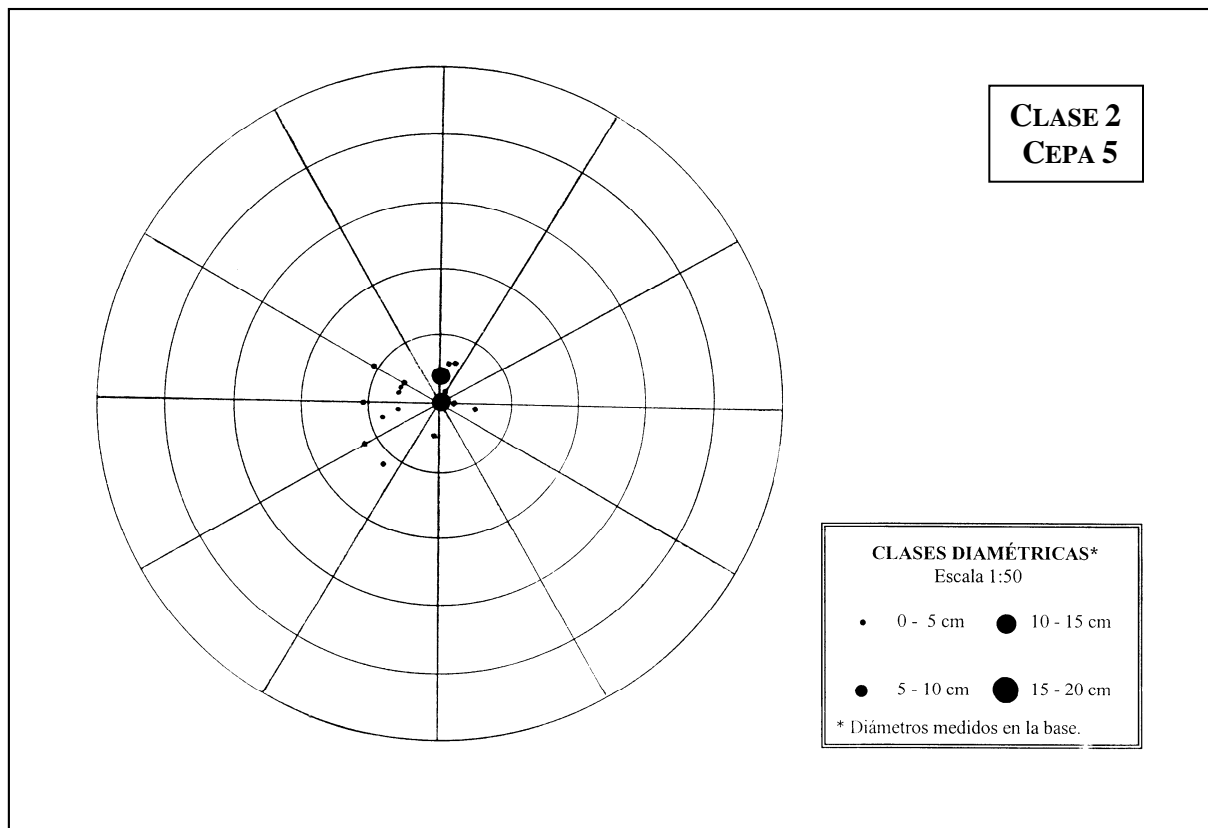


Figura 5.4. Esquema a escala 1:50 de la distribución de troncos a ras de suelo de la cepa 5 de la clase 2.

La edad media de estas cepas es de 40 años, superando todas ellas los 35 años. Se observa la presencia de más de un tronco (con diámetro $> 2,5$ cm) y numerosos brotes jóvenes alrededor (de diámetro comprendido entre 2,5 y 1 cm).

Los troncos de mayor edad aparecen en una posición claramente central respecto de la cubierta exterior, tienen edades que por lo general superan los 30 años, con una media de 26 años. Los brotes que los rodean tienen una edad media de 5 años, y en ningún caso superan los 10 años, nacen muy cerca del brinzal inicial, a menos de 60 cm, y no llegan a alcanzar el metro de altura. La distribución espacial de los troncos de una de estas cepas puede observarse en el esquema a escala que se incluye en la figura 5.4.

Aún no se observa la formación de orla alrededor de la cepa, las hojas son muy pequeñas y pinchudas igual que en el grupo anterior. Todos los pies de la cepa pertenecen a un sólo sexo, por lo que dado su reducido tamaño no parece que estén formadas por más de un individuo. También aparecen muy mezcladas con matorrales como las anteriores, aunque en menor proporción.

Su forma es claramente oval en la base y de su centro surgen los troncos principales que crecen verticales alargando en altura la silueta de la cepa. Véase la otografía número 9 en el Anexo 10.

Las características dasométricas medias de la clase 3 se muestran en la figura 5.5.

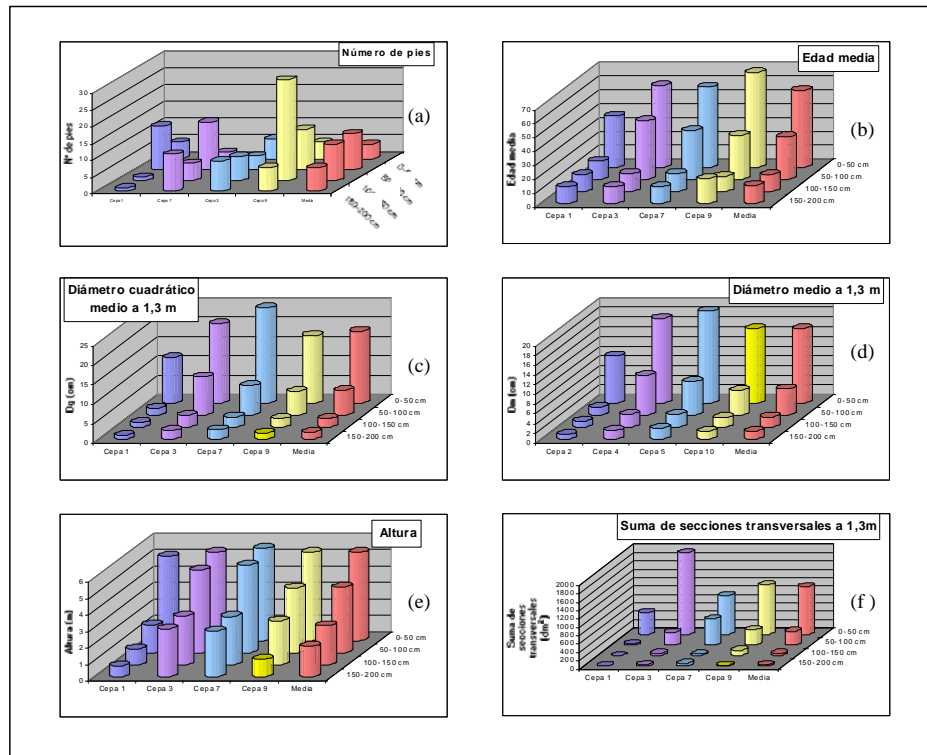


Figura 5.5. Características dasométricas de las cepas de la Clase 3.

La edad media es de 83 años, no superando ninguna de las cepas el centenar de años. Su estructura es mucho más compleja que la de las clases anteriores, la anchura de las cepas y el número de pies que las forman es muy superior al de la clase anterior, llegando a encontrarse pies hasta 2 m de distancia del pie central. Los pies de mayor edad se encuentran en el centro de la cepa, dentro de los primeros 50 cm, con una edad media de 56 años muy superior a la media de edad de la clase 2, son más jóvenes cuanto más próximas están a la cubierta de la cepa (Figura 5.5).

La distribución espacial de los pies dentro de la cepa y el perímetro de su orla puede observarse en el esquema a escala de una de las cepas estudiadas que se incluyen en la figura 5.6.

El número medio de pies ha aumentado mucho, de 13 pies/cepa como media de la clase 2 a 34 pies/cepa, lo mismo ocurre con los brotes jóvenes (con diámetro < 1 cm) que pasan de 8 a 23.

Contrariamente a lo que sucede en la clase anterior, el mayor número de pies se concentra en la franja situada entre 50 y 150 cm de distancia del pie central. Mientras que el diámetro cuadrático medio de los pies de cada franja estudiada, su altura y la suma de sus secciones transversales a 1,3 m disminuyen según nos alejamos del pie central (Figura 5.5). En todas las cepas de este grupo, se ha constatado la existencia de pies de diferentes sexos, por lo que cabe suponer que estas cepas están compuestas por más de un individuo.

La vegetación acompañante supone una mínima proporción en la cepa frente al acebo a diferencia de lo que ocurría en las clases anteriores.

Su forma es cónica y ya presentan la típica orla pinchuda que envuelve la cepa. Una de estas cepas se puede observar en la fotografía número 10 en el Anexo 10.





Las características dasométricas medias de la clase 4 se muestran en la figura 5.7. Los pies centrales de estas cepas superan los 100 años de edad exceptuando una con 91 años, que es además la que tiene un menor número de pies. Su estructura es muy similar a la clase anterior. Su diámetro ha aumentado, apareciendo pies a distancias superiores a 2,5m del pie central (Figura 5.7).

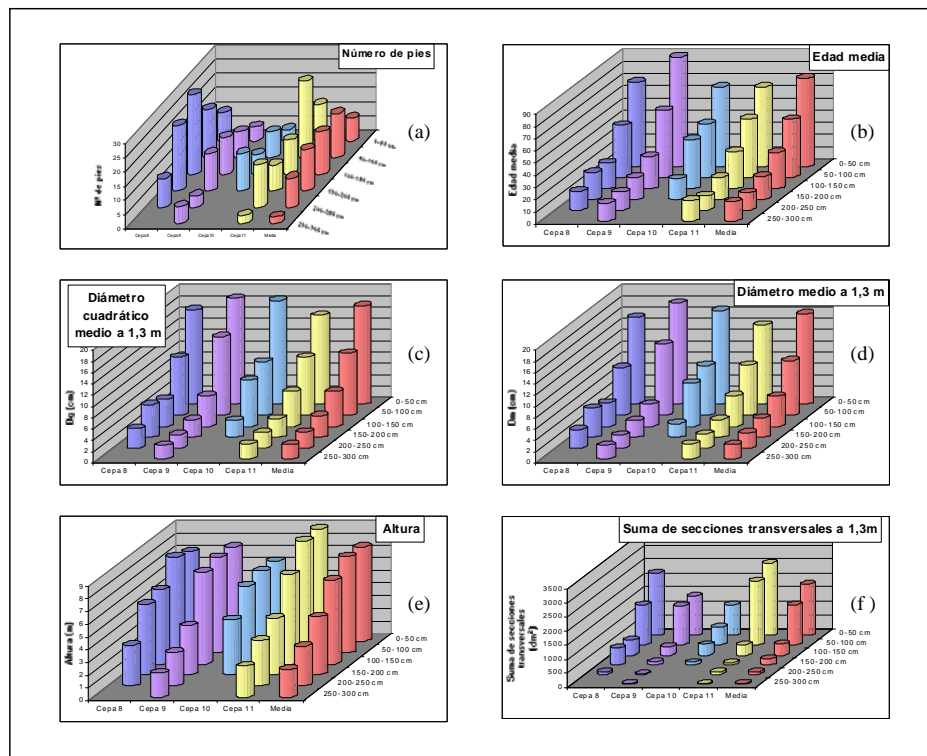


Figura 5.7. Características dasométricas de las cepas de la Clase 4.

El número de pies ha aumentado respecto a la clase 3, con una media de 66 pies/cepa. La cantidad de brotes jóvenes es mucho menor, con una media de tan solo 7 pies/cepa, localizados fundamentalmente en la orla. El mayor número de pies se encuentra desplazado hacia el exterior de la cepa, entre 50 y 200 cm de distancia al centro (Figura 5.7).

Igual que en las clases anteriores el diámetro cuadrático medio, la edad y la suma de secciones transversales a 1,3 m de los pies de cada franja estudiada, disminuye según nos vamos alejando del centro (Figura 5.7).

La distribución espacial de los pies dentro de la cepa y el perímetro de su orla puede observarse en el esquema a escala de una de las cepas de esta clase que se incluye en la figura 5.8.

En cuanto a la altura, el punto más alto de la cepa ya no se encuentra en el pie central, también el más viejo por definición, sino que está desplazado a la segunda franja, distando entre 50 y 100 cm del centro. La diferencia de altura entre los pies más altos de la zona central y los de la segunda franja es muy pequeña, apenas supone 20 cm. En esta clase, también es característica la presencia de trasmochos en los pies hembra y la mezcla de sexos dentro de la cepa, así como la aparición de matorrales englobados en las cepas.





5.3.1.3. Análisis estadístico de los datos.

Las matrices de correlación obtenidas mediante el coeficiente de Pearson y de Spearman indican una fuerte correlación entre las variables edad, altura y diámetro de los pies (Tabla 5.2).

Tabla 5.2. Grado de correlación y coeficientes de correlación de Pearson entre las principales variables de las cepas.

	Distancia	Orientación	Altura	Edad	Diámetro
Distancia	1.00000 0.0	0.10529 0.0130	-0.25807 0.0001	-0.35690 0.0001	-0.37447 0.0001
Orientación	0.10529 0.0130	1.00000 0.0	0.04820 0.2565	-0.00004 0.9992	-0.09847 0.0202
Altura	-0.25807 0.0001	0.04820 0.2565	1.00000 0.0	0.81843 0.0001	0.78301 0.0001
Edad	-0.35690 0.0001	-0.00004 0.9992	0.81843 0.0001	1.00000 0.0	0.93129 0.0001
Diámetro	-0.37447 0.0001	-0.09847 0.0202	0.78301 0.0001	0.93129 0.0001	1.00000 0.0

Se han encontrado diferencias significativas ($P < 0,05$) en la distribución espacial dentro de la cepa de los troncos según su edad. Corroborando la hipótesis inicial de la existencia de un pie central y un crecimiento diametral hacia el exterior de las cepas.

También se ha puesto en evidencia, mediante un análisis de varianza utilizando como covariable la edad de los pies, que no existen diferencias significativas ($P < 0,05$) entre cepas en la distancia a la que se encuentran los troncos de la misma respecto al pie central.

5.3.1.4. Estructura y composición de la orla.

Las ramas que forman la orla están fuertemente ramoneadas por el ganado, lo que genera un mayor grado de ramificación, ya que el acebo rebrota en el interior de la orla a partir de yemas durmientes presentes en las ramas.

Sus hojas poseen características juveniles: alabeadas, con los márgenes extremadamente pinchudos y en general de tamaño muy reducido, 2-4 cm de longitud y apenas un par de centímetros de anchura.

Además de los acodos, con crecimiento plagiotrópico horizontal, se encuentran en la orla brotes de crecimiento ortotrópico procedentes de acodos más antiguos, brotes de raíz o incluso, brinzales procedentes de semillas germinadas entre la orla. Generalmente no suelen aparecer matorrales de otras especies en la orla de las cepas.

La orla aparece solamente en las cepas de las clases 3 y 4, con edades a partir de los 50-60 años. En las plantas más jóvenes no se observa esta estructura de acodos.

En el esquema a escala 1:30 de la cepa de la clase 4 puede observarse el perímetro interior de los acodos y el exterior de la cepa a ras de suelo (Figura 5.8).

Las distancias medias exteriores e interiores de las orlas de las cepas respecto del pie central de la misma se resumen en la tabla 5.3:



Tabla 5.3. Valores medios de la distancia interior y exterior de la orla respecto al pie central.

Clase	Cepa	Distancia Media Interior (cm)	Distancia Media Exterior (cm)
3	3	146±10	228±9
3	7	152±11	227±10
3	9	134±10	235±9
4	8	128±10	325±9
4	9	161±10	330±8
4	10	190±10	328±9
4	11	222±10	325±8

El análisis de la varianza del perímetro de la cepa, muestra que la distancia media exterior de la orla es significativamente diferente entre las clases 3 y 4, no existiendo tampoco diferencias significativas entre cepas de la misma clase.

En el caso de la distancia al pie central a partir de la cual empiezan a emerger los acodos que forman parte de la orla, también existen diferencias significativas entre ambas clases. Las diferencias entre cepas de la misma clase son más complejas; no existen diferencias significativas entre las cepas de la clase 3, pero sí de la cepa 8 de la clase 4 con las cepas 10 y 11 de la clase 4, mientras que no existen diferencias significativas entre las cepas 8 y 9 de la clase 4 con las cepas de la clase 3 ($\alpha > 95\%$). Los valores medios y su error estándar ($\alpha > 95\%$) para cada uno de los grupos son los siguientes:

Tabla 5.4. Valores medios de la distancia interior y exterior de la orla para cada clase.

Clase	Distancia Media Interior (cm)	Distancia Media Exterior (cm)
3	144±7	230±6
4	177±6	327±5

Por tanto, el inicio de la orla se va alejando hacia el exterior con el crecimiento en diámetro de la cepa y su anchura también aumenta para cada clase, aunque esta, al igual que el perímetro de la cepa, es mucho más irregular (Figura 5.3).

En el análisis de correlación entre estas dos variables y de las mismas con la edad de la cepa, se han obtenido unos coeficientes de correlación muy bajos (Tabla 5.5).

Tabla 5.5. Grado de correlación y coeficientes de correlación de Pearson entre las variables.

	Distancia interior	Distancia exterior	Edad
Distancia interior	1.0000 0.0	0.16345 0.1423	0.02253 0.8408
Distancia exterior	0.16345 0.1423	1.0000 0.0	0.44259 0.0001
Edad	0.02253 0.8408	0.44259 0.0001	1.0000 0.0

Estas distancias no presentan correlaciones fuertes con la edad ya que sobre ellos influyen un gran número de factores externos (orientación, pendiente, suelo, microrelieve, exposición al viento...).

La densidad de pies de la orla se ha calculado mediante el estudio de una muestra representativa de la misma en cada cepa. En la tabla 5.6 se recogen los resultados para todas las cepas.



Tabla 5.6. Densidad media de la orla de cada cepa.

Clase	Cepa	Nº Pies	Superficie (m ²)	Densidad (Nº de pies/m ²)
3	3	20	0,336	60
3	7	39	0,936	42
3	9	44	0,732	60
4	8	154	3,060	50
4	9	66	0,924	71
4	10	26	0,420	62
4	11	92	1,200	76

Para estudiar la edad, altura y diámetro basal de los pies que forman la orla se ha escogido un grupo de acodos representativos en cada una de las cepas, y se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 5.7. Características medias de los acodos de la orla estudiados para cada cepa.

Clase	Cepa	Nº Pies seleccionados	Altura Media (cm)	Edad Media (años)	Diámetro Basal Medio (cm)
3	3	8	101	11	0,9
3	7	9	58	7	0,8
3	9	12	103	14	1,1
4	8	10	115	9	1,2
4	9	19	71	9	0,9
4	10	11	56	8	0,9
4	11	12	120	7	0,9

En el análisis de varianza no se han obtenido diferencias significativas ($P>0,05$) entre las clases, aunque sí entre algunas cepas, para los parámetros estudiados: densidad (nº de pies/m²), altura, edad y diámetro basal de los pies. Los valores medios obtenidos y su desviación estándar para cada uno de ellos se resumen en la tabla 5.8:

Tabla 5.8. Características medias de las acodos de la orla estudiados para cada cepa.

Clase	Densidad	Altura Media (cm)	Edad Media (años)	Diámetro Basal Medio (cm)
3	54±10	87±25	11±4	0,93±0,15
4	65±11	91±32	8±1	0,97±0,15

5.3.1.5. Estructura y evolución de una cepa ideal de características medias.

A partir de los valores medios obtenidos para cada una de las clases se define una “cepa tipo”, con características medias, que representa la estructura de los acebos de las “zonas adehesadas” de la Acebeda de Garagüeta, y por extensión de las acebedas del Sistema Ibérico Norte.

Se deduce que las cepas de acebo tardan más de 25 años en alcanzar 1,3 m de altura, y su diámetro basal medio a esta edad no supera los 11 cm, estando la cepa formada por un solo tronco, su diámetro de copa apenas supera 1 m y su altura media es de 1,2 m.

Entre esta edad y los 40 años, comienza la aparición de nuevos pies que se encuentran muy cercanos al inicial, a los 40 años no se alejan de este más de 60 cm. En la clase 2, de edad media 40 años, aparecen por término medio 12 pies por cepa, de los cuales 9 son brotes muy jóvenes y tienen diámetros normales menores de 1 cm (no se consideran al estudiar la distribución de los pies), y tan solo 3,5 pies poseen diámetros normales mayores a 2,5 cm. El diámetro cuadrático medio de los troncos presentes en un radio de 50 cm del pie central es de



6,87 cm, mientras que el de los brotes presentes entre los 50 y 60 cm es tan solo de 0,4 cm. La edad media de estos pies que forman la cepa es de 26 y 5 años respectivamente, mientras que sus alturas son de 2,7 m en la zona central y tan solo 1 m en el exterior.

A la edad de 83 años, algo más del doble que los anteriores, también se ha duplicado su altura máxima, con 5,35 m de media, y presentan 34 pies/cepa como media (de diámetro a 1,3 m mayor de 1 cm) distribuidos en un círculo de radio de 2 m alrededor del pie central. La distribución en función de la distancia y sus edades medias pueden observarse en la figura 5.9.

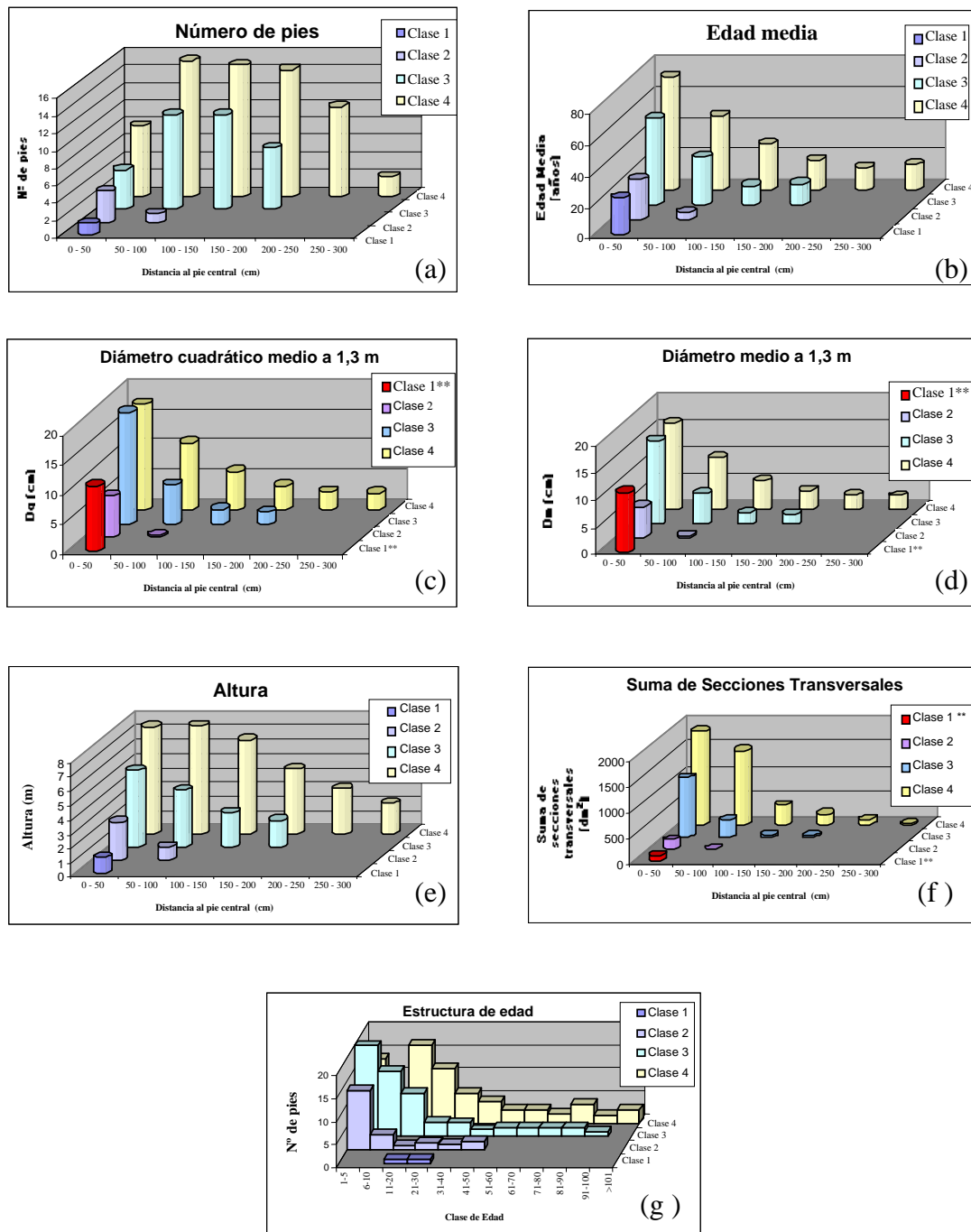


Figura 5.9. Características dasométricas de la cepa ideal para cada clase.

** Estos datos están referidos a ras del suelo.



El diámetro cuadrático medio de los pies de la zona central se ha triplicado. En esta zona casi no han aparecido nuevos pies, con un total de 4,5 pies/cepa como media, mientras que en las franjas más exteriores, el número de pies ha aumentado en mayor medida con un total de 21,5 pies/cepa de media entre los 50 y 150 cm de distancia al centro, y 7 pies/cepa en la zona más externa. Además, aparece una media de otros 23 brotes jóvenes ($d < 1\text{cm}$) distribuidos por las zonas exteriores de la cepa, principalmente en la orla.

En la figura 5.9 pueden verse la edad media, el diámetro cuadrático medio a 1,3 m, la suma de secciones transversales a 1,3 m, el número de pies y la altura media de los mismos en cada franja. Se aprecia claramente el crecimiento de todos ellos frente a los valores de las cepas medias anteriores, y como todos ellos excepto el número de pies, van disminuyendo de valor al alejarse del pie central.

La cepa media definida por las cepas de la clase 4, el de mayores dimensiones, tiene una edad de 113 años y presenta una distribución de pies y edades de los mismos similar a la cepa anterior definida a partir de la clase 3, con la salvedad de que el número de brotes jóvenes que aparecen como media en esta cepa ha disminuido frente a las cepas anteriores.

En este caso, la altura máxima de la cepa ya no se encuentra ni en el pie central ni en la zona central de la cepa, sino que está desplazada a la 2ª franja, que dista entre 50 y 100 cm del pie central. El diámetro cuadrático medio a 1,3 m de los pies de la zona central no ha aumentado significativamente frente a la misma zona de la clase 3, con 18,52 cm y 17,59 cm respectivamente. Estos hechos podrían explicarse por un decaimiento del crecimiento, tanto en altura como en diámetro de los pies centrales de la cepa, bien por efecto de la edad o bien por una pérdida de competitividad frente a los pies más jóvenes y vigorosos que les rodean.

La suma de las secciones transversales a 1,3 m ha mantenido su evolución más o menos constante a lo largo de todos los tamaños y el aumento de sus valores entre el clase 3 y el 4 no presenta discordancias con el resto (Figura 5.9.f).

Esta cepa ideal presenta hasta los 75 años una estructura de masa en J invertida, típica de las masas irregulares. En los últimos 25 años se rompe este tipo de estructura, a partir de los 70-80 años se produce un brusco decrecimiento en el número de nuevos brotes incorporados a la cepa.(Figura 5.9.g). Posteriormente, entorno a los 100 años vuelve a aumentar el número de nuevas incorporaciones procedentes de acodos de los pies maduros de las zonas media y externa de la cepa.

El crecimiento de las ramas laterales tiene como consecuencia la expansión superficial del arbusto, se ha medido un crecimiento medio de $2,8 \pm 0,7$ cm/año en su perímetro exterior, esta medida varía su crecimiento según la orientación y el microrelieve existente en los alrededores de la cepa. Los valores medios del tamaño de la orla y del diámetro de copa de estas cepas medias son los definidos en los apartados anteriores para cada uno de las clases.

5.3.1.6. Reconstrucción histórica de las cepas de la clase 4.

Se ha realizado una reconstrucción de cada una de las cepas de la clase 4 mediante la localización y cuantificación de sus características dasométricas y de los pies existentes en cada una de ellas a los 25, 50, 75 y 100 años. Para ello se han utilizado los datos obtenidos mediante un análisis de troncos de todos los pies de las cepas cortadas. Su metodología y resultados pueden consultarse en el apartado siguiente dedicado al estudio del crecimiento.

En la página siguiente se adjunta el esquema de localización de los pies de una de las cepas estudiadas a las edades anteriormente citadas, con sus correspondientes diámetros (Figura 5.10)

La evolución del número de pies por cepa y su distribución en las cepas es la siguiente:

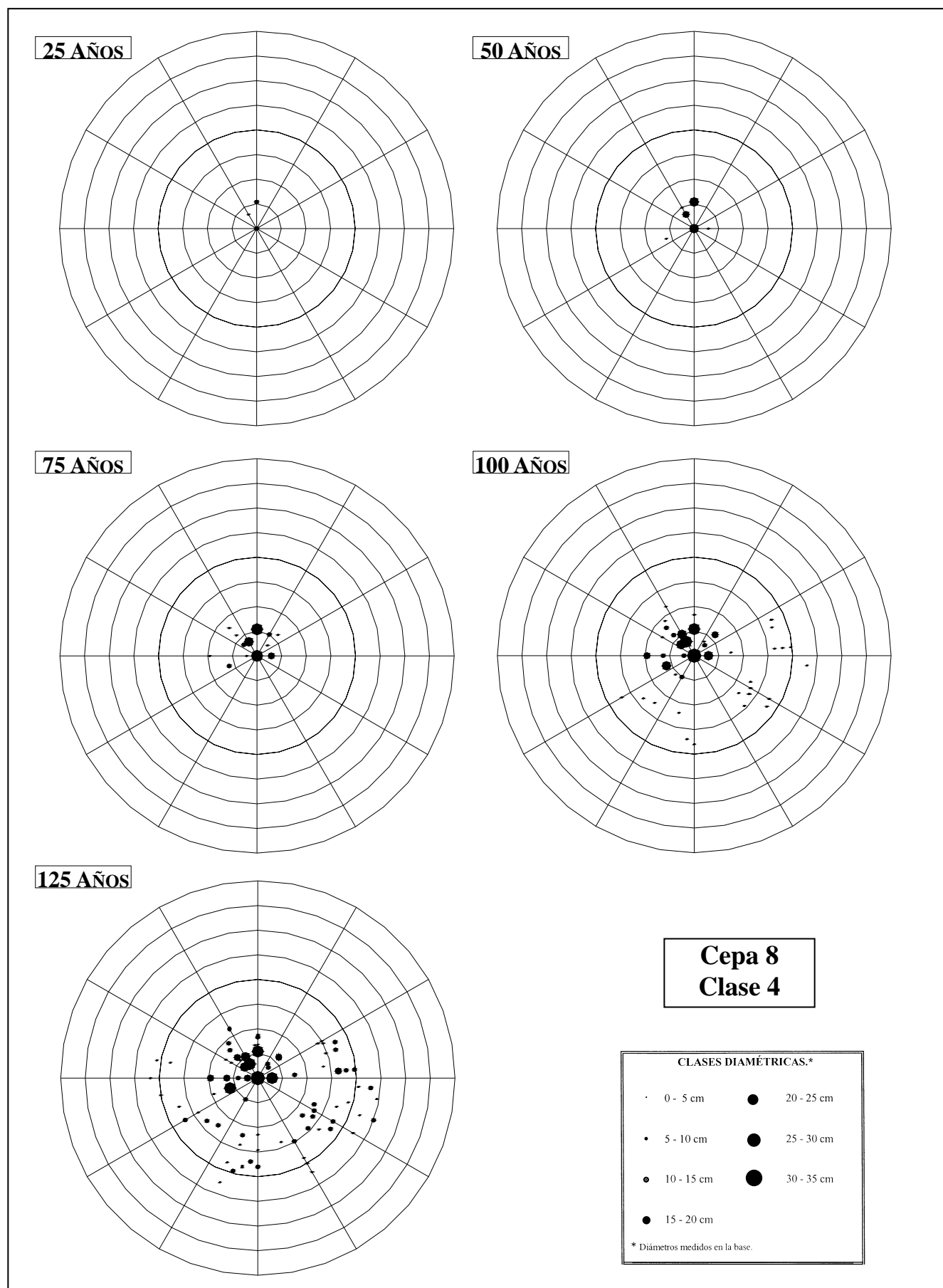


Figura 5.10 Esquema a escala 1:100 de la distribución de troncos a ras de suelo de la reconstrucción histórica de la cepa 8 de la clase 4.



A los 25 años se encuentra una media de 2,75 pies/cepa (Figura 5.11. a), dos de ellos en el círculo central de radio 50 cm y otro fuera de él hasta una distancia de 70 cm del pie central (Figura 5.10).

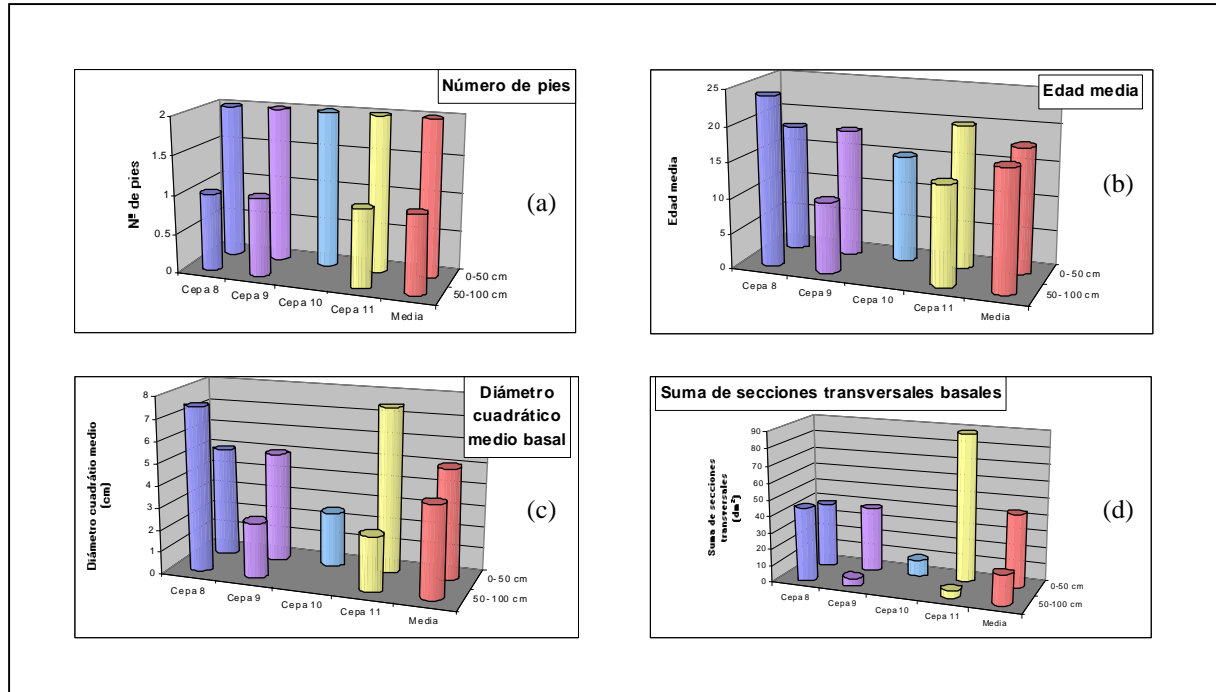


Figura 5.11. Características dasométricas de las cepas de la clase 4 a los 25 años de edad.

A los 50 años los pies aparecen a distancias que llegan a los 150 cm, con una media de 8 pies/cepa distribuidos: 4 en los 50 cm centrales, 3 entre 50 cm y 1m de distancia al centro y 1 entre el primer metro y 1,5 m de distancia, como puede verse en las figuras 5.10 y 5.12.

A los 75 años el aumento de la distancia avanzada por los pies es similar al anterior periodo apareciendo hasta más de 2 metros de distancia, aparece una media de 18,5 pies/cepa con una distribución por franjas hacia el exterior de 6 en los 50 cm centrales, 8 entre 50cm y 1m de distancia al centro, 1 entre el primer metro y 1,5 m de distancia y 1 más antes de los 2m (Figura 5.13), en la que se observa un desplazamiento del mayor número de pies a la 2ª franja, de 50 a 100 cm de distancia del pie central (Figura 5.10).

A los 100 años, la distancia a la que brotan los nuevos pies alcanza los 2,5 m y las cepas están compuestas por una media de 39 pies, igual que en el caso anterior, el mayor número de pies se encuentra también desplazado hacia el exterior de la cepa, en la 2ª y 3ª franjas (Figuras 5.10 y 5.14). El número de pies es muy similar en todas las cepas durante los primeros años, sin embargo, a medida que pasa el tiempo vemos como las diferencias entre cepas se van acrecentando (Figuras 5.11 a 5.14), las cepas 8 y 9, de menor tamaño siempre, presentan la mitad de pies que las otras dos a los 75 años y su extensión es también bastante menor, los pies en la cepa 8 no superan el metro de distancia al pie central y los de la cepa 9 el metro y medio. Esta última situación permanece a los 100 años en la cepa 9, pero no en la cepa 8 cuya extensión se iguala a las demás.

Otro hecho peculiar que encontramos, es que a los 25 años, las dos franjas en las que se distribuyen los pies presentan la misma edad media, posiblemente debido a la existencia de varios pies en la zona central que rebajan su edad media.

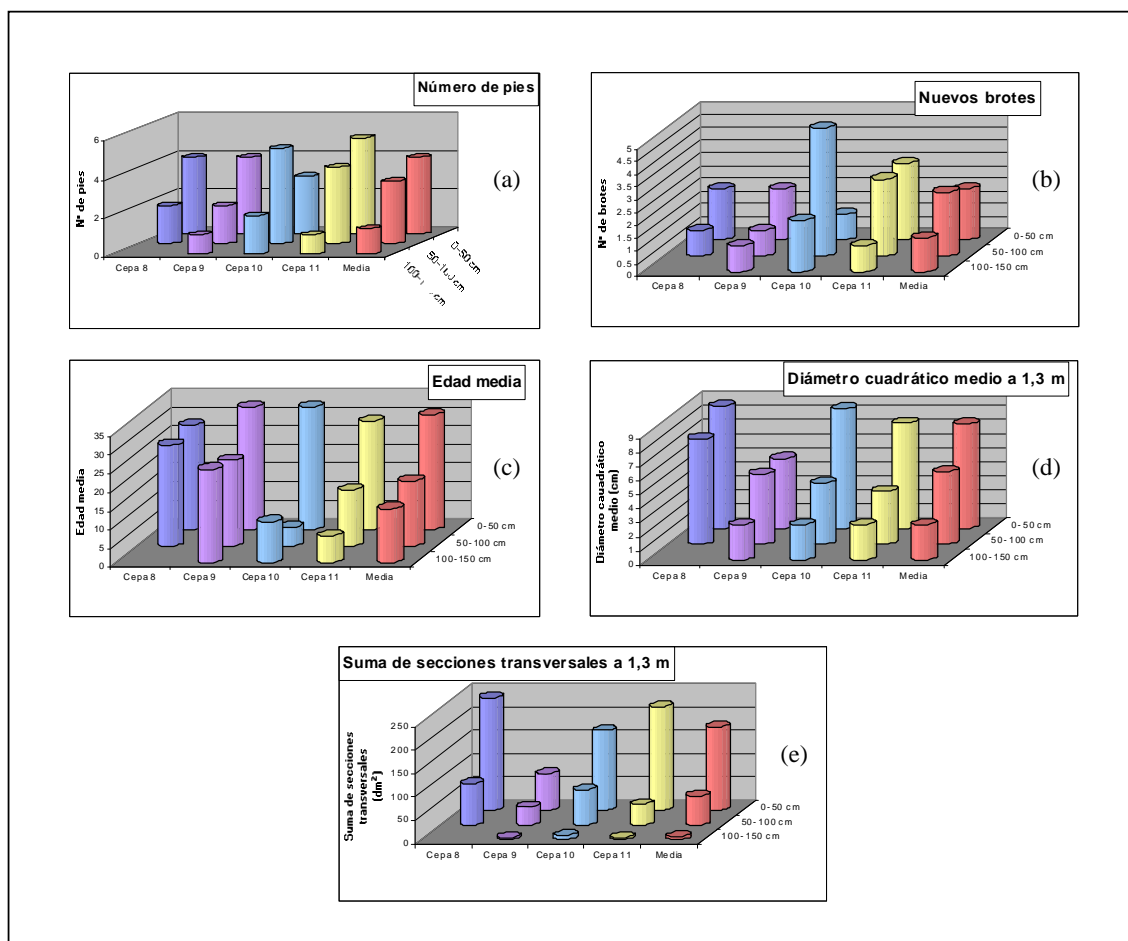


Figura 5.12. Características dasométricas de las cepas de la clase 4 a los 50 años de edad.

A partir de los 50 años, la evolución de la edad de los pies según su distribución es la esperada, la edad media de cada franja aumenta con la edad de la cepa y es decreciente desde el centro de la cepa hacia el exterior. La diferencia de edades entre las franjas exteriores es muy pequeña, llegando a igualarse en algunos casos.

En cuanto al diámetro cuadrático medio, lo único destacable son los bajos valores que presenta, medido en la base, en los pies de 25 años, y que al igual que ocurría con la edad media, su valor es similar en las dos franjas consideradas en la cepa, 5 y 4,17 cm respectivamente.

La suma de secciones transversales a 1,3 m mantiene una distribución lógica, disminuyendo en cada banda con la distancia al centro y aumentando con la edad en todas las bandas. Sus cepas presentan algunas variaciones fácilmente explicables mediante la observación de sus diámetros cuadráticos medios o su número de pies (Figuras 5.11 a 5.14).

El número de nuevos brotes producidos en cada periodo de 25 años es aproximadamente el doble que en el anterior: hasta los 25 años se producen una media de 2,75 brotes, de los 25 a los 50 años 5,5 nuevos brotes, en el siguiente periodo 10,25 brotes y finalmente desde los 75 años a los 100 un total de 21,67 brotes (Figuras 5.11 a 5.14). Podríamos afirmar, por tanto, que el número de nuevos brotes producidos por las cepas de acebo aumenta con la edad, al menos hasta los 100 años.

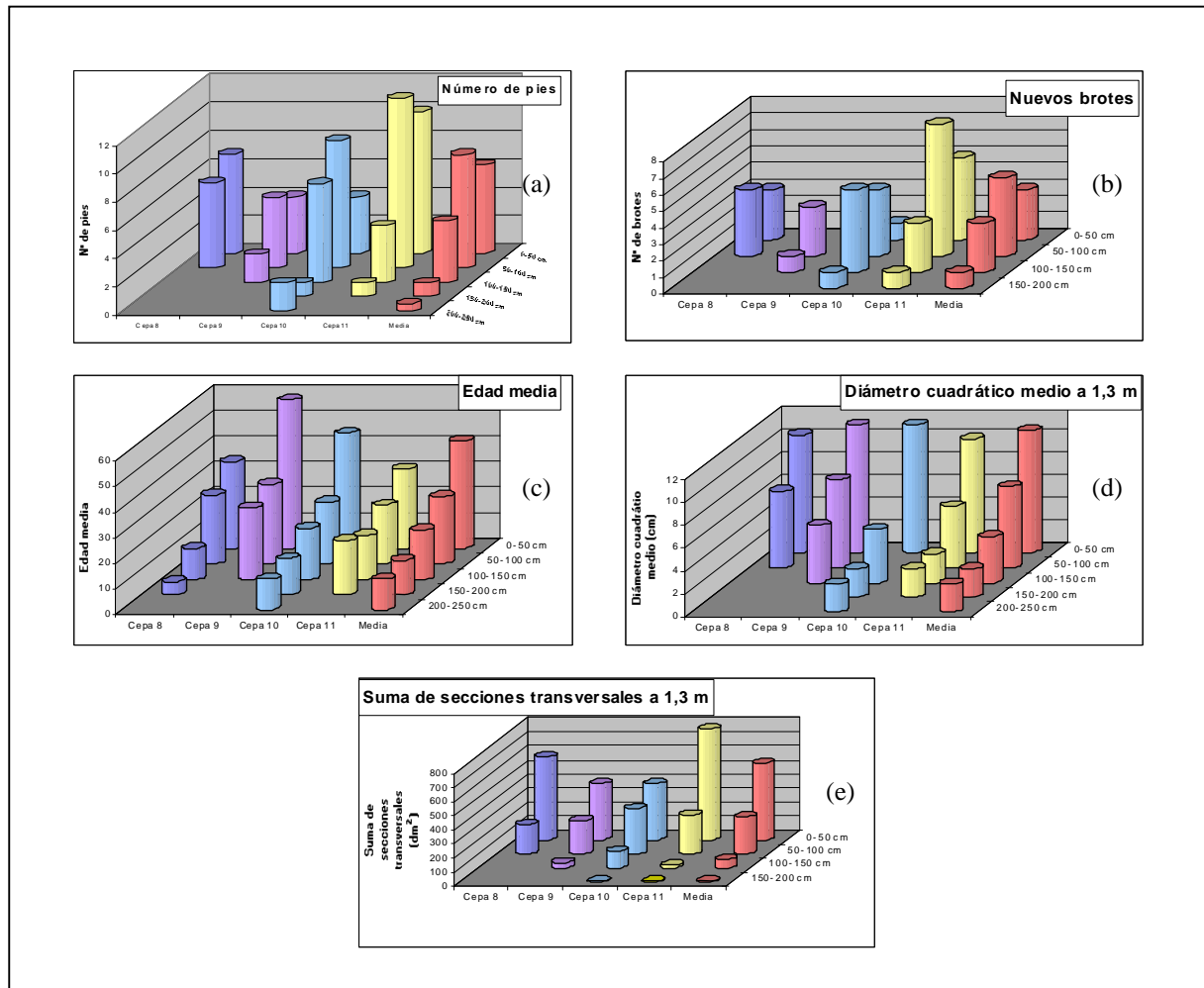


Figura 5.13. Características dasométricas de las cepas de la clase 4 a los 75 años de edad.

La distribución espacial de estos nuevos brotes, igual que ocurría con el resto de las cepas estudiadas en las diferentes clases, presenta una mayor concentración de pies en la zona central de la cepa y posteriormente, según van creciendo con la aparición de nuevos brotes en la periferia el número de pies existente en franjas más externas acaba superando a los existentes en el centro. El número de pies es cada vez mayor en zonas más alejadas del centro, siendo siempre algo menor en la franja periférica según van expandiéndose las cepas (Figuras 5.11 a 5.14).

Los nuevos brotes producidos por las distintas cepas en cada periodo de tiempo y su distribución espacial puede observarse en las figuras 5.11 a 5.14, en ellas se aprecia que si bien no existen grandes disparidades en su número y distribución, entre los 25 y 75 años las cepas 8 y 9 tienen menos brotes y más concentrados que las otras dos cepas.

5.3.1.7. Comparación entre las reconstrucciones históricas y las cepas actuales

En las cepas jóvenes, hasta los 25 años, aparece un número de brotes mayor que en la actualidad. Se aprecia que existe un adelanto en la expansión de las cepas hacia el exterior, aparece un número de troncos mayor en las franjas exteriores que en el interior a edades más tempranas.



De la misma manera, en las cepas actuales el diámetro cuadrático medio y la suma de secciones transversales a 1,3 m es mayor en todas las épocas y en todas las posiciones, excepto en las más jóvenes.

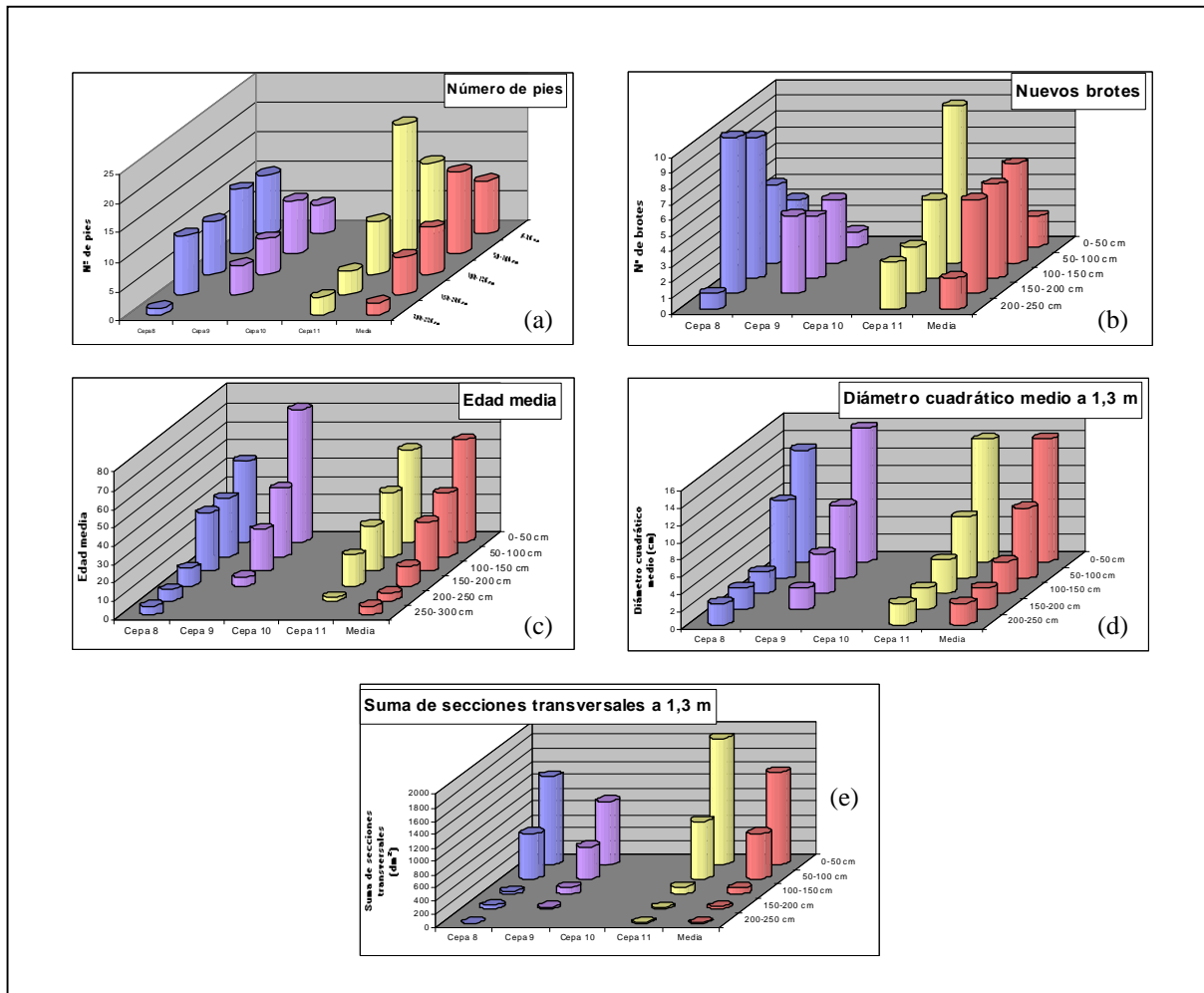


Figura 5.14. Características dasométricas de las cepas de la clase 4 a los 100 años de edad.

En las cepas actuales aparecen más brotes jóvenes, de pequeñas dimensiones que en las reconstrucciones realizadas, esto sugiere que muy probablemente muchos de estos brotes no sobrevivan en el futuro.

Otra diferencia destacable es la mayor extensión superficial que presentan las cepas reconstruidas hasta los 75 años, posteriormente parece que esta diferencia se compensa. En estas cepas aparecen pies de edades mayores más alejados del pie central que la media de las clases estudiadas actualmente.

La mayor amplitud de las cepas y el hecho de que en sus primeras edades presenten un mayor número de pies en las reconstrucciones de las cepas actuales, puede deberse a las diferencias en la presión ganadera y el cambio del tipo de ganado presente en el monte. Actualmente existe solamente ganado mayor, vacuno y caballar, con una carga ganadera de 150 UGM frente a 244 UGM en el pasado con presencia de ganado ovino y cabrio.



5.3.2. Zona densa

Las principales características dasométricas de la masa se resumen de forma gráfica en las figuras 5.15 a 5.20:

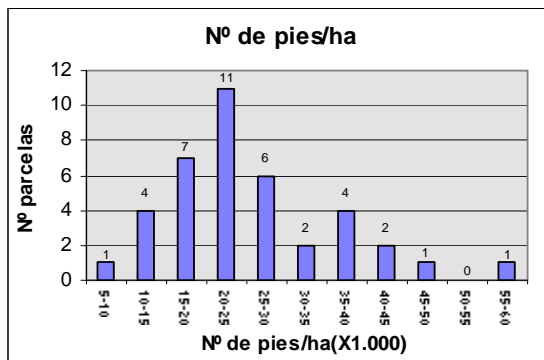


Figura 5.15. Número de pies por hectárea de las parcelas.

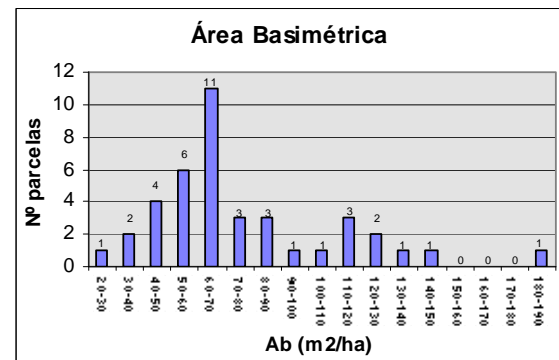


Figura 5.16. Área basimétrica de las parcelas.

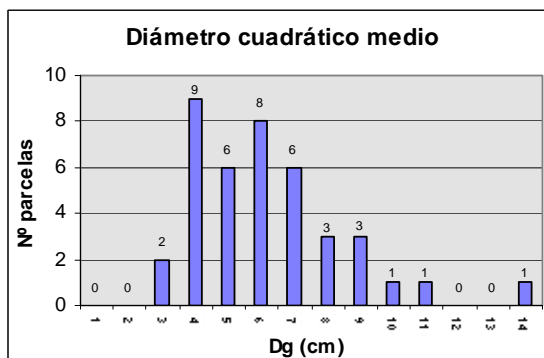


Figura 5.17. Diámetro cuadrático medio de las parcelas.

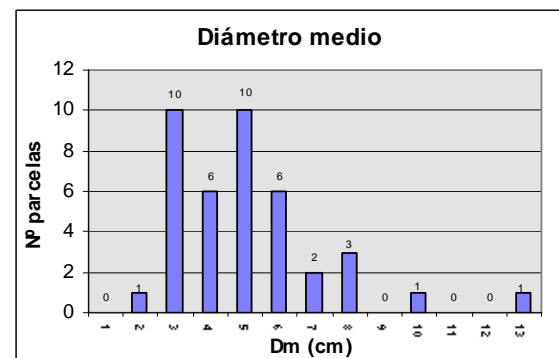


Figura 5.18. Diámetro medio de las parcelas.

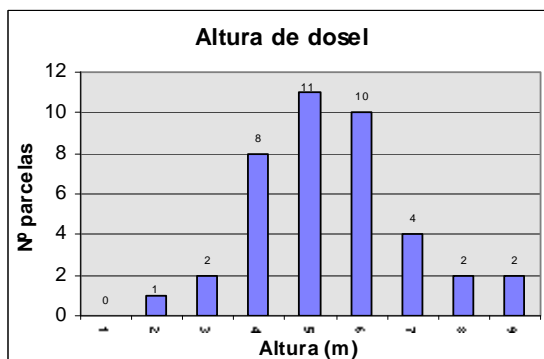


Figura 5.19. Altura de dosel de las parcelas.

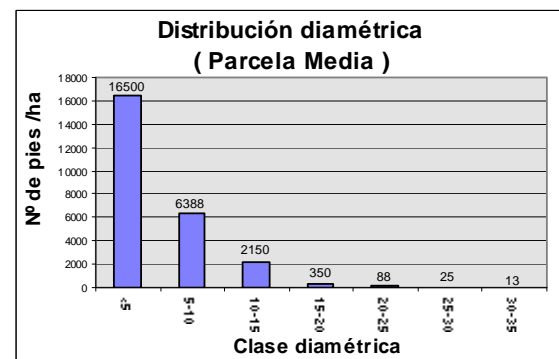


Figura 5.20. Distribución diamétrica de las parcelas.

La característica más llamativa de estas masas es la elevada densidad que presentan, muy por encima de las densidades medias de nuestros bosques. Los altos valores del área



basimétrica obtenidos, son consecuencia de las elevadas densidades existentes, ya que el diámetro cuadrático medio y el diámetro medio son muy bajos (Figuras 5.17 y 5.18).

En ningún caso se supera una altura de dosel de 14 m y en el 80% de las parcelas estudiadas su dosel medía menos de 7 m. La distribución diamétrica media, como cabría esperar en una masa pura irregular, se ajusta a una curva exponencial de un monte normal irregular.

Los valores medios de cada una de estas variables y el intervalo de confianza de la media de cada una de ellas, asumiendo una distribución normal de las mismas ($\alpha > 95\%$), se presentan en la tabla siguiente:

Tabla 5.9. Valor medio e intervalo de confianza de la media de la densidad, el área basimétrica, el diámetro cuadrático medio, el diámetro medio y la altura de dosel de la mas.

	Nº de pies	Área Basimétrica (m ² /ha)	Diámetro Cuadrático Medio (cm)	Diámetro Medio (cm)	Altura de dosel (m)
Valor medio	25.538	77,57	6,6	5,1	5,9
Intervalo de confianza	(3.634 , 47.442)	(11,08 , 144,06)	(2,1 , 11,1)	(3,3 , 6,9)	(2,9 , 8,9)

A la vista de estos resultados, destaca la gran heterogeneidad que presenta esta masa en todas sus características, por lo que se ha considerado necesaria una estratificación de la misma para obtener unos resultados más precisos con el mismo grado de confianza que puedan utilizarse para su gestión.

Previamente a su estratificación, se llevó a cabo un estudio de correlación entre las variables dasométricas estudiadas en el inventario, obteniéndose una elevada correlación lineal entre todas ellas, excepto entre el número de pies/ha y el área basimétrica (Tabla 5.10).

Tabla 5.10. Tabla de coeficientes de correlación de Pearson (N=40) entre las características de la mas estudiadas.

	Nº de pies	Diámetro cuadrático medio	Diámetro medio	Altura de dosel	Área basimétrica
Nº de pies	1,00000 0,0	-0,71449 0,0001	-0,67788 0,0001	-0,56790 0,0001	-0,16706 0,3029
Diámetro cuadrático medio	-0,071449 0,0001	1,00000 0,0	0,97580 0,0001	0,76632 0,0001	0,70185 0,0001
Diámetro medio	-0,67788 0,0001	0,97580 0,0001	1,00000 0,0	0,74978 0,0001	0,63492 0,0001
Altura de dosel	-0,56790 0,0001	0,76632 0,0001	0,74978 0,0001	1,00000 0,0	0,63184 0,0001
Área basimétrica	-0,16706 0,3029	0,70185 0,0001	0,63492 0,0001	0,63184 0,0001	1,00000 0,0

Para realizar la estratificación se utilizaron las variables: nº pies / ha, área basimétrica, diámetro cuadrático medio y altura de dosel. Pretendiéndose a priori obtener un número de estratos de 3 a 5, se dividió finalmente la masa en 4 estratos para optimizar las distancias entre los grupos obtenidos por el análisis estadístico. El dendrograma resultante de la clasificación jerarquizada de las parcelas puede consultarse en el Anexo 3.

Las principales características dasométricas de los estratos definidos se exponen a continuación:



Tabla 5.11. Valores, medio, máximo y mínimo de la densidad, área basimétrica, diámetro cuadrático medio, diámetro medio y altura de dosel de cada uno de los estratos definidos.

		Nº de pies/ha	Altura de dosel (m)	Diámetro cuadrático medio (cm)
Estrato 1	Límites	(55.000 - 36.000)	(5,90 - 3,45)	(6,9 - 3,0)
	Valor medio	43.250	4,56	4,55
Estrato 2	Límites	(36.000 - 26.000)	(7,70 - 2,90)	(9,2 - 3,9)
	Valor medio	29.812	5,28	5,8
Estrato 3	Límites	(26.000 - 19.000)	(9,5 - 5,15)	(8,5 - 5,1)
	Valor medio	22.042	6,57	6,5
Estrato 4	Límites	(19.000 - 8.000)	(9,2 - 4,0)	(14,0 - 4,8)
	Valor medio	14.375	6,45	8,55

Se observa que la variable que más claramente define las diferencias entre cada uno de los estratos es la densidad de la masa (nº de pies/ha), el intervalo de densidades contenido en cada uno de ellos es disjunto y permite la clasificación sencilla y rápida de rodales.

Posteriormente, se reclasificaron las parcelas del muestreo sistemático incluyendo las 5 parcelas del muestreo piloto para comprobar su localización en los estratos definidos y validar la clasificación, obteniéndose la misma agrupación de las parcelas del muestreo sistemático que en el caso anterior y con la siguiente distribución por estratos de las parcelas del muestreo piloto como cabría esperar por sus densidades (Tabla 5.12):

Tabla 5.12. Densidad y clasificación de las parcelas del muestreo piloto en los estratos definidos.

Parcela del muestreo Piloto	Estrato de la parcela	Densidad de la parcela (pies/ha)
MP1	3	21.800
MP2	1	51.700
MP3	4	8.500
MP4	4	15.500
MP5	2	27.200

Los valores medios y la desviación estándar de las características dasométricas de las parcelas que integran cada estrato son las que se representan en las figuras siguientes:

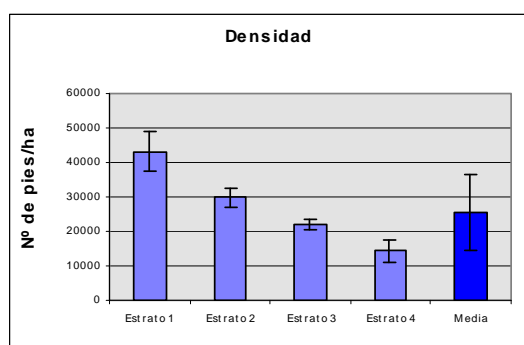


Figura 5.21. Valor medio y desviación típica de la densidad.

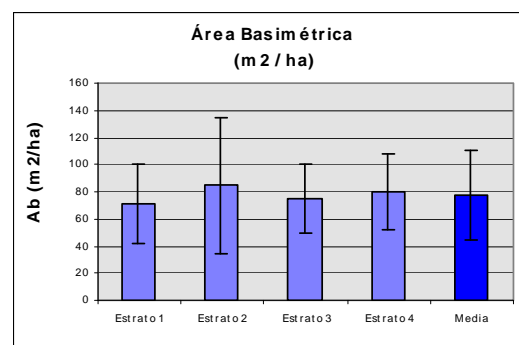


Figura 5.22. Valor medio y desviación típica del área basimétrica.

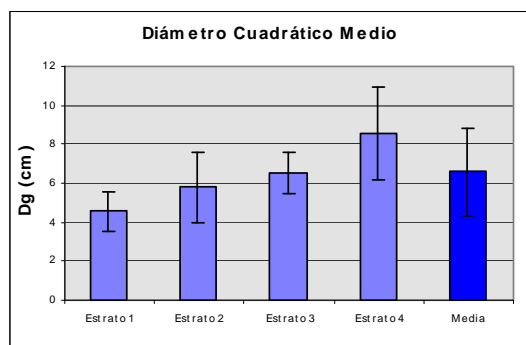


Figura 5.23. Valor medio y desviación típica del diámetro cuadrático medio.

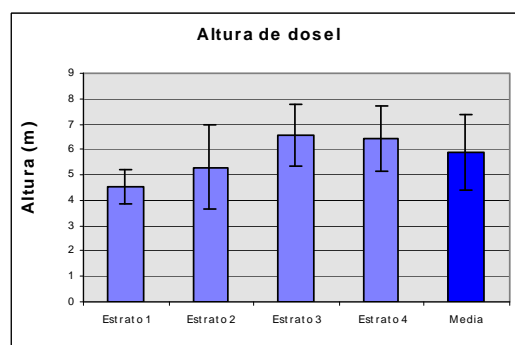


Figura 5.24. Valor medio y desviación típica de la altura del dosel.

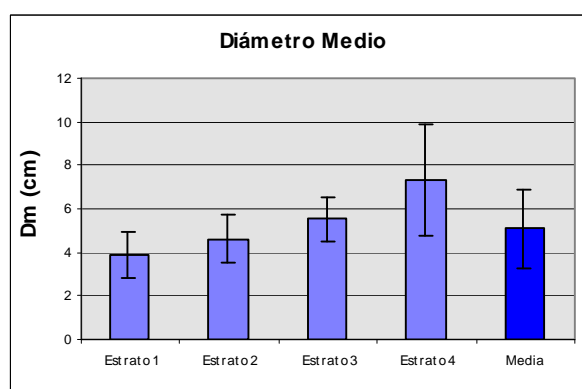


Figura 5.25. Valor medio y desviación típica del diámetro medio.

La distribución diamétrica de los estratos se muestra en la figura 5.26:

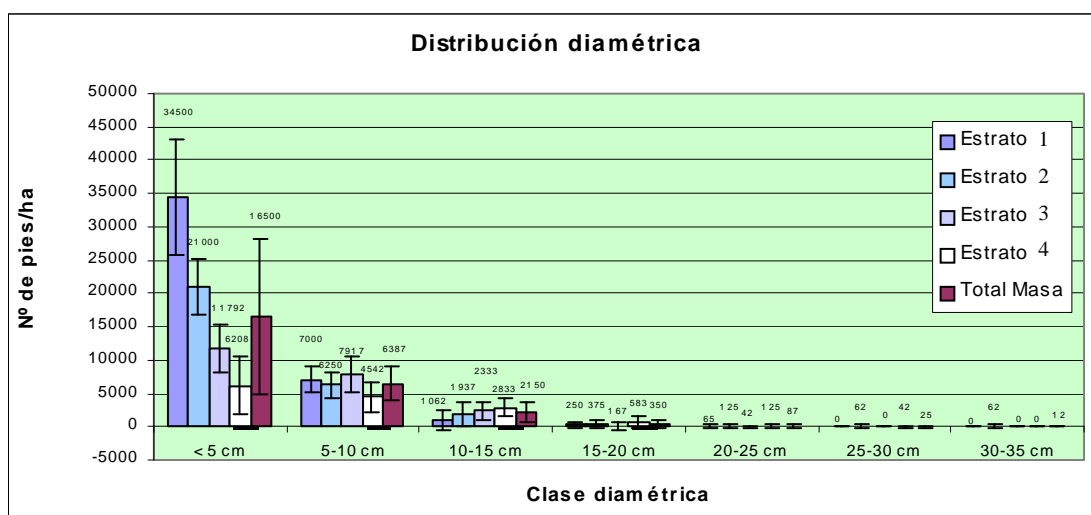


Figura 5.26. Distribución diamétrica media y desviación típica de las parcelas de cada estrato y del total de la masa.

Se observa en las figuras anteriores que mediante la estratificación se ha logrado disminuir la dispersión dentro de los estratos frente a la de la masa en conjunto para la densidad y los diámetros medio y cuadrático medio. Sin embargo, la altura de dosel mantiene



el mismo rango de desviaciones típicas, excepto en el estrato 1 (el de mayor densidad) en el que también disminuye, y el área basimétrica en general no ha mejorado e incluso en algún caso ha aumentado la dispersión frente a la masa en conjunto.

Puede observarse que los estratos de menor densidad son también los que presentan mayores alturas de dosel, diámetro medio y diámetro cuadrático medio (Figura 5.26). Pero no puede relacionarse la distribución de las características anteriores a simple vista con el área basimétrica.

Se ha realizado también un análisis de correlación de estas características dasométricas por estratos y se ha obtenido que, si bien la correlación entre el diámetro cuadrático medio, el diámetro medio y la altura del dosel se mantiene significativa en todos ellos, con un elevado coeficiente de correlación ($R^2 > 0,7$ en todos los casos) y la correlación entre el número de pies/ha y el área basimétrica no aparece significativa en ningún caso, la correlación entre el número de pies y el resto de las características presenta diferencias según el estrato considerado. Su significación y sus coeficientes de correlación pueden observarse en la tabla 5.13.

Tabla 5.13. Tabla de coeficientes de correlación de la densidad con el resto de las variables según el estrato considerado.

	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4
Diámetro cuadrático medio	-0.70019 0.0531	-0.40958 0.3136	-0.20592 0.5208	-0.78096 0.0027
Diámetro medio	-0.53857 0.1685	-0.32422 0.3288	-0.21324 0.5058	-0.80095 0.0017
Altura de dosel	-0.68576 0.0604	-0.32422 0.4333	0.01249 0.9693	-0.54204 0.0687

6. CRECIMIENTO



6. CRECIMIENTO.

6.1. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se realiza un estudio de los crecimientos en altura y diámetro, tanto de los chirpiales como de sus cepas. Este estudio está encaminado a la descripción de las pautas de crecimiento del acebo en las diferentes situaciones que se presentan en las acebedas de esta zona, y al ajuste de una serie de curvas de crecimiento que posteriormente servirán de base de trabajo para la realización de un modelo de producción de ramilla ornamental del acebo.

Es interesante resaltar que este trabajo no se ajusta exactamente a la estructura típica de los estudios de crecimiento de las masas forestales puesto que no se trata de modelizar una producción de madera. Por tanto, en los acebales no se plantea la necesidad de establecer relaciones fundamentales entre variables de masas, tarifas de cubicación, ecuaciones de volumen de la especie, etc.

6.2. METODOLOGÍA

La metodología de toma de datos ya se ha desarrollado en el capítulo dedicado al estudio de la estructura de la masa, en el apartado 5.2.1.

Para esta parte del estudio se han eliminado los árboles y/o parcelas que presentaban formas anormales en el crecimiento en altura debido a causas originadas por eventos extraordinarios, tales como una clara muy fuerte, un trasmucho, un incendio o una plaga. En la zona adehesada se han utilizado todos los pies con diámetro mayor de 5 cm de las cepas seleccionadas, en total 241. En la zona densa se ha estudiado un total de 112 árboles, correspondientes al árbol central y otros 2 periféricos, todos del estrato dominante, de cada una de las parcelas del inventario, y una muestra de los árboles cortados en las 5 parcelas del muestreo piloto, obteniéndose de esta manera una representación proporcionada de todas las clases diamétricas. La corta se realizó desde noviembre de 1996 hasta abril de 1997.

6.2.1. Análisis de troncos

En los árboles seleccionados, se midió su altura, diámetro basal y diámetro a 1.30 m y se extrajeron las secciones transversales para la medición de sus anillos de crecimiento cada metro partiendo de la base del árbol hasta el extremo superior, a 1,30 m y a 2/3 de la altura del fuste.

El radio medido fue cuidadosamente seleccionado ya que las secciones transversales del acebo presentan una gran excentricidad. La literatura que trata el problema de la elección de radios para minimizar los efectos de la irregularidad y excentricidad es extensa, pero se puede destacar, entre otros, los trabajos de SIOSTRZONEK (1958); BIGING & WENSEL (1984); SMALTSCHINSKI (1986); WEISE (1987); FABBIO *et al* (1988).

En seis secciones transversales tomadas al azar se estudiaron con detalle 10 radios, los integrantes del diámetro mayor y su perpendicular, los correspondientes a estos mismos radios girando 45°, y dos radios medios. Ante la dificultad de la lectura de los crecimientos radiales por su reducido tamaño, que en muchos casos no superaba las 30 μ m, y las grandes diferencias de edad encontradas en una misma rodaja entre los radios mayor y menor, hasta



30 años, se decidió realizar la medición de los anillos de crecimiento en el radio mayor de todas las secciones estudiadas, de acuerdo con lo recomendado por SIOSTRZONEK (1958).

Estas mediciones sobrestiman el crecimiento por lo que se corrigieron las medidas mediante el radio medio, reduciéndose los valores de los anillos de crecimiento medidos proporcionalmente al cociente entre este radio medio y el radio medido.

Para calcular la longitud del radio medio (R), se midió el diámetro máximo de cada sección (a) (que no tiene que pasar necesariamente por el centro de los anillos) y su perpendicular en el punto medio (b), la media geométrica de los dos diámetros anteriores coincide con el radio medio buscado "R".

$$R = \sqrt{\left(\frac{a}{2} * \frac{b}{2}\right)}$$

Para la medición de los anillos de crecimiento se utilizaron dos técnicas diferentes. Las rodajas obtenidas de los pies de la zona adhesionada fueron medidas mediante un medidor automático WINDENDRO™ con un escáner de 2.000 ppi de resolución (REGENT INSTRUMENT Inc., 1997a y 1997b), mientras que las secciones transversales de las zonas densas, por sus menores crecimientos fueron medidas con un medidor semiautomático con lupa óptica y una regleta móvil conectada a un ordenador que registra automáticamente las medidas con el programa informático T.S.A.P. (Time Series Analysis and Presentation). Las medidas se han tomado con una precisión de 10^{-2} mm.

Los anillos de crecimiento de las secciones transversales de las zonas densas se midieron en junio y julio de 1998 en el CIFOR del I.N.I.A., y el resto en el Centro de Investigación de Valonsadero entre agosto de 1998 y junio de 1999.

Los cálculos del análisis de troncos se realizaron mediante el programa informático XLSTEM™ V 1.3 (RÉGENT INSTRUMENTS Inc.). Se calcularon los radios, diámetros y alturas acumuladas e incrementales para cada edad en todas las secciones transversales, las alturas, volúmenes, áreas basimétricas y su coeficiente de forma para cada árbol.

La estimación de la altura para cada año ha sido calculada de forma lineal, se descartó el método de CARMEAN (1972) recomendado por NEWBERRY (1991) y DYER & BAILEY (1987), por generar distorsiones en los crecimientos de los extremos al modelizar el crecimiento en altura. Para la estimación de los volúmenes se utilizó la fórmula de Smalian.

El análisis del crecimiento en diámetro se ha realizado a partir de las secciones transversales en la base, pues aunque pueden existir influencias de las raíces en el crecimiento (HANS, 1987) al estudiar la siguiente sección transversal, a un metro, las diferencias de edad existentes entre árboles, hasta de 40 años, son demasiado grandes.

6.2.2. Selección y ajuste de las funciones de crecimiento.

Previamente al ajuste del modelo de producción se ha realizado un estudio del crecimiento medio anual en su forma incremental y acumulada, tanto en diámetro como en altura, de los chirpiales y de las cepas de acebo. Se han descrito estas variables tanto para el conjunto de la masa como para cada una de las zonas y/o categorías definidas. También, se ha estudiado detalladamente la distribución de los datos, su variabilidad y sus relaciones.

Se han comparado los crecimientos en las diferentes zonas estudiadas mediante un análisis de varianza para cada edad del crecimiento medio anual en diámetro y en altura de los chirpiales presentes en cada una de ellas, además se ha comparado el crecimiento en altura de las cepas de la zona adhesionada, considerándolas en conjunto como un solo individuo, con el de los chirpiales de la zona densa. Se han analizado solamente los 90 primeros años de vida de cada árbol, edad máxima que alcanzaban la mayoría de los árboles, sobre todo en la zona densa de la masa.



En ninguno de los análisis de varianza realizados se cumplían las premisas de normalidad y homogeneidad de la varianza de los residuos utilizando el crecimiento medio anual como variable. Por tanto, se realizaron varias transformaciones de las variables de partida y se seleccionó como nueva variable el logaritmo neperiano del crecimiento medio anual. Con ello desapareció el problema de la homocedasticidad, y aunque no se consiguió la normalidad de los residuos, sí se observó una considerable mejoría en su distribución.

Con el ajuste de funciones de crecimiento no se busca una modelización de la masa para obtener la producción maderable del rodal, como en la mayoría de los modelos de producción realizados en España, sino que se trata en primer lugar de explicar el comportamiento del crecimiento de un individuo medio de acebo, bien sea una cepa libre de competencia o un chirpial. Cabe destacar que la precisión de este tipo de modelos es menor que en los modelos de masa, pero una validación estadística de las pautas de crecimiento resulta imprescindible.

Para el ajuste de las funciones de crecimiento se ha trabajado con el crecimiento en altura y diámetro en su forma acumulada.

Es necesario diferenciar las dos zonas de la acebeda estudiadas, con diferente conformación de la masa como ya se ha visto. En la zona densa, se ha trabajado con chirpiales solamente, ya que no es posible identificar las cepas. En ella, en definitiva, se trata de definir las pautas de crecimiento de los chirpiales para determinar unas condiciones en las que el crecimiento del acebo no esté limitado por las condiciones de la masa, y se pueda garantizar su vigor y persistencia.

Sin embargo, en la zona adehesada se ha llevado a cabo también la modelización del crecimiento de las cepas en conjunto, la altura y diámetro de la cepa (diámetro de copa). En la gestión de las acebedas resulta más sencillo y razonable trabajar con cepas, y no con pies individuales, en aquellas zonas donde las cepas son fácilmente identificables.

El diámetro de copa de la cepa en la base es una medida equivalente al diámetro máximo de copa de un árbol individual, por las características de las mismas la copa comienza a ras de suelo y es a esta altura donde alcanza generalmente su mayor diámetro.

La modelización de esta variable puede resultar interesante para el cálculo de la posibilidad del aprovechamiento de ramilla ornamental. La enorme dificultad que entraña en la práctica la obtención de la edad de las cepas sin su destrucción hace que se descarte su modelización con esta variable y nos obliga a buscar otras variables sencillas de medir, como por ejemplo la altura de la copa, con las que se pueda trabajar en la gestión de estas masas.

Debido a la escasez de datos que se poseen del diámetro de copa de las cepas, tan solo 16, se han añadido 12 cepas más, utilizadas en el ensayo de intensidad de corta en el aprovechamiento de ramilla ornamental, de las cuales se conocía su edad y se podía reconocer la totalidad de su perímetro.

Se ha definido como altura de la cepa: la altura de su pie más alto en cada instante, que no es necesariamente el de mayor edad, ni siempre el mismo.

Con este trabajo no se pretende profundizar en el análisis de los modelos de crecimiento de las masas forestales, ni desarrollar técnicas o modelos nuevos, sino utilizar las técnicas y los modelos ya desarrollados (BENGOA, 1999; TORRE, 1994; GOELZ & BURK, 1992; ZEIDE, 1993; CAÑADAS, 2000) que permiten analizar la diversidad de formas de crecimiento del acebo, estimar sus valores y la variabilidad de estas masas.

Se ha seleccionado, en todos los casos excepto el diámetro de copa, como función de crecimiento para su ajuste el modelo de Richards generalizado en su forma negativa con tres coeficientes variables. Ya que, además de presentar unas buenas características para el ajuste curvas de crecimiento, es el más ampliamente utilizado y recomendado en los estudios de crecimiento realizados en nuestro país sobre especies de monte bajo (*Q. pyrenaica*) (TORRE, 1994; BENGOA, 1999).



BENGOA (1999) afirma que la función de Richards negativa con dos coeficientes variables (A y C) es la que mejores resultados presenta para el ajuste de curvas de crecimiento en altura en *Q. pyrenaica* en La Rioja. Anteriormente, TORRE (1994) utilizó este modelo con tres coeficientes variables para modelizar el crecimiento del *Q. pyrenaica* en León.

En este caso, no se ha considerado prudente, al tratarse de estudios realizados con otras especies y ser el acebo una especie especialmente plástica, reducir a dos el número de coeficientes variables.

El modelo de Richards seleccionado es una función no linealizable y, por tanto, se ha trabajado con regresión no lineal. El método de ajuste utilizado para el cálculo de los coeficientes ha sido el de Mardquart que es el que mejor se adecua a este tipo de datos en los que existe autocorrelación.

Para el crecimiento en diámetro se ha trabajado con datos cada 5 años, a pesar de que aún existe una cierta autocorrelación entre los residuos, buscando un equilibrio entre la pérdida de información que se produce al agrupar los datos de crecimiento cada cinco años y el sesgo que puede producir la autocorrelación de los datos en los modelos ajustados (BENGOA, 1999).

En el ajuste del modelo de crecimiento en altura hay que tener en cuenta que en realidad no se dispone de los datos de la altura de los árboles año a año, sino de una reconstrucción de dichos datos obtenida a partir del conteo del número de anillos en secciones realizadas en el árbol con un espaciamiento de un metro. En definitiva, solo se dispone de un dato por metro y la reconstrucción de los datos año a año no recoge toda la variabilidad de esta variable a tan pequeña escala. Por tanto, el análisis de la autocorrelación solo puede considerarse orientativo.

Se han considerado distintas posibilidades para la obtención de las curvas de crecimiento siguiendo la metodología siguiente para obtener sus curvas poblacionales:

- ❑ LAPPY & BAILEY (1988) proponen utilizar los valores medios poblacionales que se obtienen en el ajuste conjunto de los datos de todos los árboles a la función de Richards (-). Esta forma de calcular la curva media poblacional puede proporcionar resultados sesgados según la distribución de los datos, sobre todo cuando existen pocos datos en las edades más avanzadas. Método de ajuste directo.
- ❑ Según estos autores también se puede considerar series de datos que abarquen el mismo número de datos. Para ello se ajusta la función de Richards a cada serie de datos (árbol) y con la curva ajustada se ha reconstruido la curva teórica entre 0 y 100 años. Llevándose a cabo posteriormente un ajuste conjunto, de la misma forma que se hizo, en el primer caso, con los datos sin manipular. Método de los árboles extendidos.
- ❑ Otra forma consiste en ajustar de forma individual los datos a cada uno de los árboles y calcular los valores medios de los estimadores de los coeficientes. Método de los valores medios (BENGOA, 1999).

El crecimiento en diámetro de las cepas de acebo se ajusta mediante regresión lineal a una función lineal dependiente de la altura de cepa. Para este ajuste se trabaja solo con pares de puntos, no con series temporales de los mismos. El diámetro de la cepa coincide con el diámetro de copa y solamente se poseen datos de parcelas temporales inventariadas una sola vez.

La evaluación de las funciones calculadas desde el punto de vista de su capacidad para representar el crecimiento en altura y diametral de los árboles considerados en este trabajo, se ha valorado tanto desde el punto de vista matemático y estadístico, como también desde la búsqueda de su interpretación y coherencia biológica.

Los tests y procedimientos utilizados para la evaluación estadística del modelo son los descritos en el capítulo dedicado a los métodos estadísticos en el anexo 9 y variarán dependiendo de si se trata de una ajuste por regresión lineal o no lineal.



Una limitación que aparece cuando se utiliza regresión no lineal, es que en estos casos no existe necesariamente una única mejor solución no sesgada y de mínima varianza. Las soluciones obtenidas mediante procesos iterativos, pueden estar influidas por el método de estimación y las condiciones de partida utilizadas. De esta manera, puede ser que se alcancen soluciones parciales, correspondientes a mínimos parciales, pero no la solución óptima, en el mínimo absoluto. Por ello, en todos los casos se han tanteado diferentes situaciones de partida sistemáticamente espaciados a lo largo de todo el rango de valores posibles de los parámetros que se estiman.

Una vez seleccionada la función más adecuada en cada caso se ha procedido a su validación. Por la escasez de datos que se tienen, no se ha considerado adecuado separar una parte de ellos para la validación de las funciones puesto que podría producirse una pérdida de representatividad del mismo, por tanto, se ha procedido a la autovalidación del modelo con los mismos datos que se ha construido aplicándolo cada vez a 1/3 de los datos por separado y estudiando los errores que se producen.

Con las funciones seleccionadas se realizaron test de homogeneidad de parámetros mediante el estadístico de Lakis-Jones para agrupar aquellas funciones que no sean significativamente diferentes y simplificar el posterior modelo de producción propuesto.

Para modelizar el crecimiento en altura de estas masas no se han realizado unas curvas de calidad de estación fundamentalmente por su dificultad de manejo en estas masas. Resulta casi imposible definir una edad de referencia a partir de las alturas observadas en los chirpiales de acebo (Figuras 6.18 y 6.29), debido a la vigorosa reacción del acebo tras la liberación de su crecimiento en altura y a la diferente intensidad de la acción antrópica que se encuentra en diferentes zonas de las acebedas. Y por el mismo razonamiento no parece viable la utilización de estas curvas a partir de mediciones puntuales de altura-edad de los chirpiales.

6.3. RESULTADOS.

6.3.1. Estructura de los datos.

6.3.1.1. Crecimiento medio anual en diámetro de los chirpiales.

El valor del crecimiento medio anual en diámetro en la base para el conjunto de los chirpiales de toda la acebeda fue de $1,23 \pm 1,03$ mm. En la tabla 6.1 se observa que no existen grandes diferencias en los valores medios del crecimiento medio anual en diámetro (mm) para las dos zonas estudiadas.

Tabla 6.1. Media, desviación típica, valor máximo y mínimo del incremento anual en diámetro de los chirpiales (mm) en la zona densa y adhesada de la Acebeda de Garagüeta.

	Zona densa	Zona adhesada
Media	1,28	1,17
Desviación Típica	0,90	1,07
Valor Máximo	9,73	11,17
Valor mínimo	0,14	0,09

Se aprecia también en la tabla 6.1 que existe una gran variabilidad dentro de cada una de las zonas estudiadas. Podría pensarse que esta variación se debe a la influencia de la edad de la planta, pero en el desglose y representación en gráficos de cajas de los datos de crecimiento medio anual en diámetro de los pies en función de la edad (Figura 6.1) puede observarse que sigue existiendo una gran variación del crecimiento medio anual



independientemente de la edad de la planta. Este hecho que en principio puede resultar sorprendente podría explicarse por la fuerte influencia antrópica que existe en estas masas y por la enorme capacidad de reacción que el acebo presenta ante su liberación del ramoneo o de la competencia.

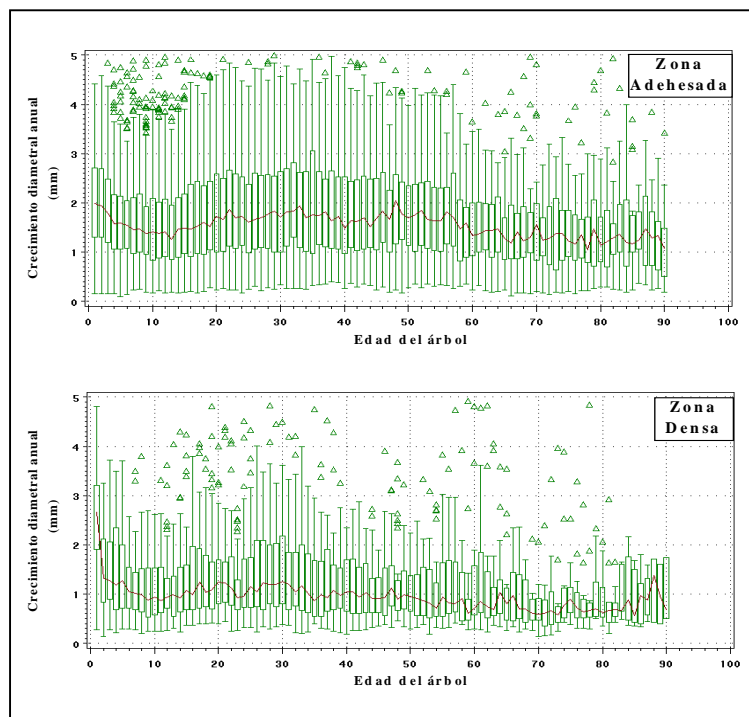


Figura 6.1. Diagramas de cajas de la distribución de los datos de crecimiento anual en diámetro de los chirpiales (mm) en las zonas densa y adhesada.

En las dos zonas estudiadas la media del crecimiento anual parece presentar una tendencia decreciente a partir de una edad bastante temprana, 50 años en la zona adhesada y 35 en la zona densa.

La estructura de esta variable en los cuatro estratos definidos en la zona densa y para las clases seleccionadas en la zona adhesada se pueden observar en las figuras 6.2 y 6.3.

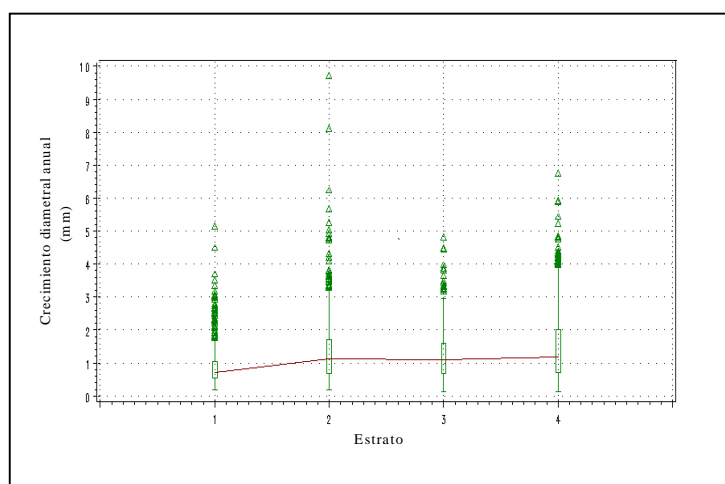


Figura 6.2. Diagramas de cajas de la distribución de los datos de crecimiento anual en diámetro de los chirpiales (mm) de cada uno de los estratos de la zona densa



Comparando el rango de dispersión de los valores del diámetro para cada estrato (Figura 6.2) con la de todos los datos tomados en conjunto (Figura 6.1) se aprecia un fuerte descenso en la variabilidad de estos valores, pero aún sigue existiendo una gran dispersión de los mismos. Al separar los datos de los crecimientos diametrales de cada uno de los estratos en función de la edad del árbol, se observa de nuevo que las variaciones del crecimiento medio en diámetro para cada edad de los pies tienen un rango de variación tan amplio como todo el conjunto.

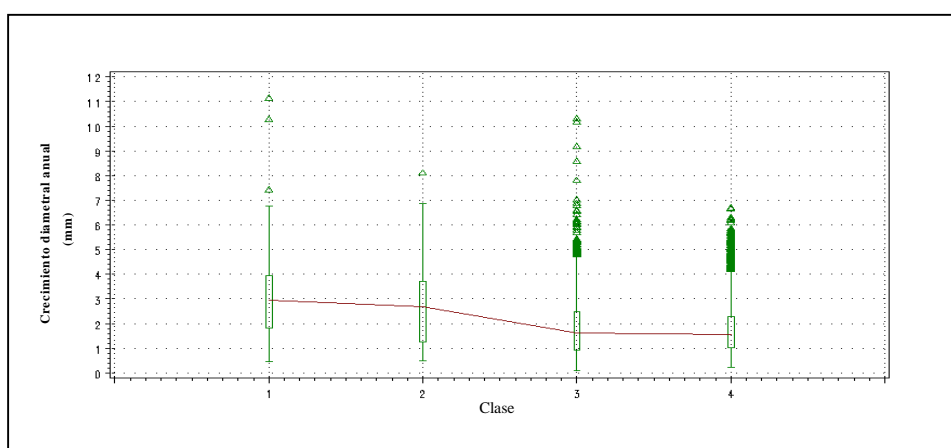


Figura 6.3. Diagramas de cajas de la distribución de los datos de crecimiento anual en diámetro de los chirpiales de cada uno de los lotes de la zona adehesada.

Se ha observado que en su rango de edades, entre los 10 y 30 años, las clases 1 y 2 presentan crecimientos mayores a las otras dos clases en las mismas edades. Estas diferencias pueden ser debidas, en gran medida, a distinta intensidad de actuación de los agentes antrópicos. Al igual que en la zona densa, aquí tampoco se aprecia que la variación del crecimiento diametral de los chirpiales de la misma edad sea menor que la del conjunto.

6.3.1.2. Crecimiento anual en altura de los chirpiales.

El valor del crecimiento medio anual en altura de los chirpiales ha sido de $10,87 \pm 11,34$ cm. El resumen de los valores de los crecimientos medios anuales en altura para las zonas estudiadas es el siguiente (Tabla 6.2):

Tabla 6.2. Media, desviación típica, valor máximo y mínimo del incremento anual en altura (m) de los chirpiales en las zonas densa y adehesada de la Acebeda de Garagüeta.

	Zona densa	Zona adehesada
Media	0,091	0,113
Desviación Típica	0,0968	0,115
Valor Máximo	1,23	1,5
Valor mínimo	0	0

En la figura 6.4 se puede apreciar que su valor medio es muy constante para diferentes edades de la planta a pesar de la gran variabilidad que existe para cada edad, en ambas zonas es mayor en los primeros 30-40 años de vida, descendiendo lentamente después.

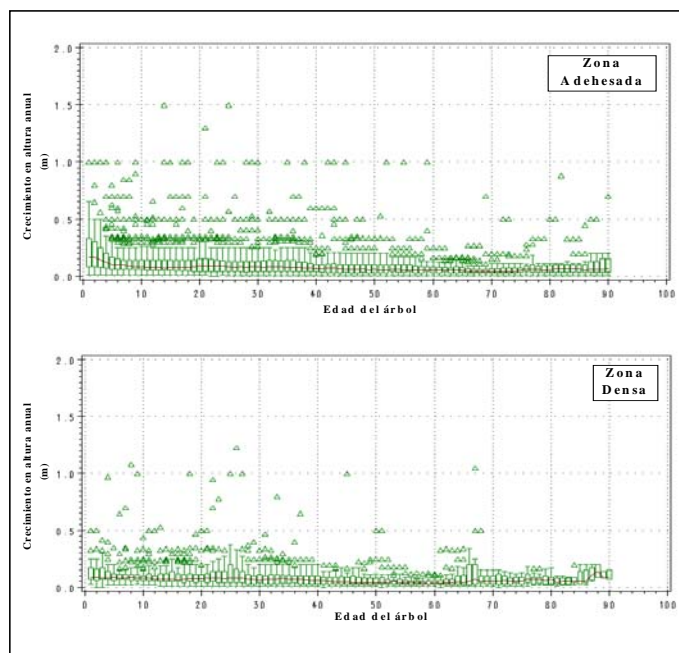


Figura 6.4. Datos de crecimiento anual en altura de los chirpiales en las zonas densa y adhesada.

En las figuras 6.5 y 6.6 se resume la distribución de los valores del crecimiento medio anual en altura en los estratos de la zona densa y en las clases de cepas definidas para la zona adhesada.

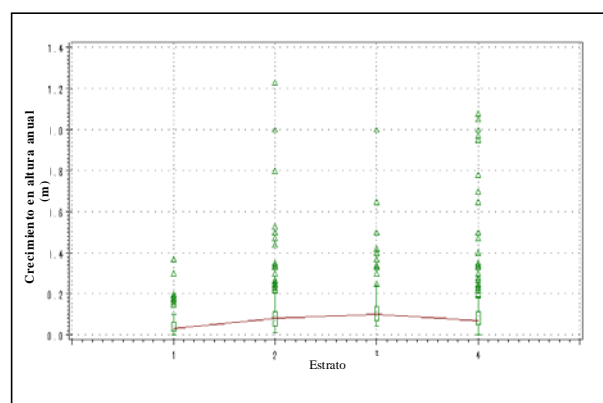


Figura 6.5. Diagramas de cajas de la distribución de los datos de crecimiento anual en altura de los chirpiales de cada uno de los estratos de la zona densa

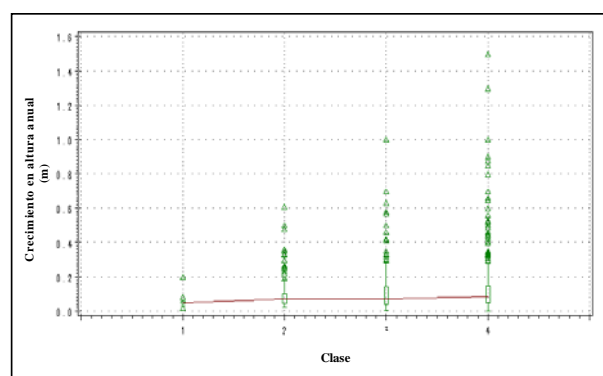


Figura 6.6. Diagramas de cajas de la distribución de los datos de crecimiento anual en altura de los chirpiales de cada uno de los lotes de la zona adhesada.



En la zona adehesada se observa que el incremento del crecimiento medio en altura es mayor en las clases de mayor edad, en las cuales presenta también mayor variabilidad y una mayor cantidad de datos fuera de rango en todas las edades (Figura 6.6).

En los distintos estratos de la zona densa, la media del crecimiento en altura de los acebos se mantiene casi constante a lo largo de toda la vida, además en los estratos 3 y 4, se aprecian fuertes oscilaciones en edades muy próximas, probablemente debidas a intervenciones humanas.

6.3.1.4. Crecimiento anual en altura de las cepas.

En la tabla 6.3 se resumen los valores del crecimiento medio anual en altura de las cepas en la zona adehesada.

Tabla 6.3. Media, desviación típica, valor máximo y mínimo del incremento anual en altura de las cepas en la zona adehesada.

	Zona adehesada
Media	0,069
Desviación Típica	0,071
Valor Máximo	1
Valor mínimo	0,01
Número de observaciones	1016

El crecimiento medio anual en altura de la cepa en función de la edad (Figura 6.7) es mucho más constante que el crecimiento en altura de cada uno de los chirpiales que la integran, y su rango de variación mucho menor.

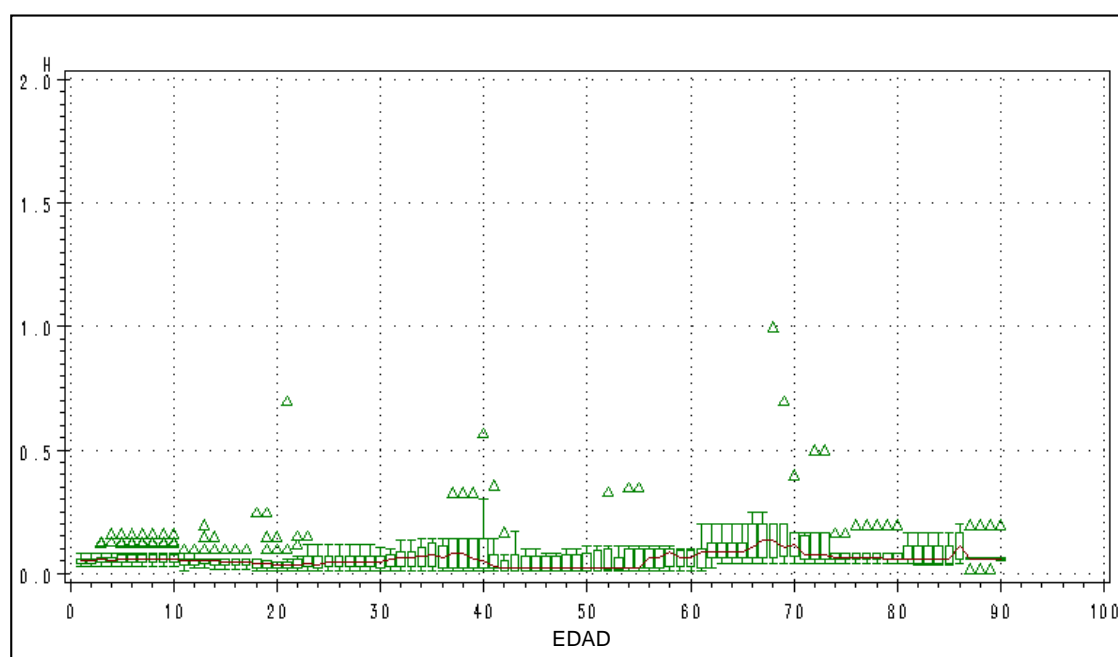


Figura 6.7. Diagramas de cajas de la distribución de los datos de crecimiento anual en altura de las cepas de la zona adehesada.



Al igual que ocurría con el incremento anual en altura de los chirpiales, también las cepas de la clase 1 presentan un crecimiento en altura menor que el resto de las cepas (Tabla 6.4), sin duda debido no a su menor crecimiento sino al efecto del ramoneo sobre sus guías.

Tabla 6.4. Media, desviación típica, valor máximo y mínimo del incremento anual en altura por lotes de las cepas en la zona adhesada.

	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Media	0.047	0.068	0.076	0.069
Desviación Típica	0.020	0.045	0.087	0.073
Valor Máximo	0.2	0.36	0.7	1
Valor mínimo	0.018	0.022	0.01	0.01
Número de observaciones	100	158	291	457

6.3.2. Correlación.

No se ha detectado ninguna relación de correlación lineal entre la edad, el crecimiento medio anual radial y el crecimiento anual en altura de los chirpiales; ni tampoco para el crecimiento anual en altura de las cepas. Sin embargo, como cabría esperar, sí se ha encontrado una fuerte correlación lineal entre la altura, el diámetro y la edad de los chirpiales, y entre la altura, el diámetro de copa y la edad de las cepas.

El grado de correlación y su coeficiente para los datos en conjunto y en cada uno de los estratos y clases definidos en la masa se resumen para cada par de variables analizadas en las tablas 6.5 y 6.6. Además, se incluye a continuación la representación gráfica del conjunto de los datos para cada uno de los análisis realizados (Figuras 6.8 a 6.13).

Tabla 6.5. Coeficiente de correlación de Pearson (R^2) y grado de correlación (P) entre la altura, el diámetro y la edad de los chirpiales para el conjunto de los datos, cada zona, clase y estrato de la acebada.

Variables		Conjunto de datos	Zona Densa	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Estrato 4	Zona adhesada	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Clase 4
Altura-Edad	R^2	0,6690	0,6670	0,7138	0,8377	0,8797	0,81274	0,6689	0,2550	0,9571	0,5602	0,6838
	P	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0153	0,0001	0,0001	0,0001
Diámetro-Edad	R^2	0,8678	0,8284	0,9217	0,9165	0,9371	0,7895	0,8918	0,9649	0,9006	0,7906	0,9110
	P	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Altura-Diámetro	R^2	0,6289	0,7575	0,5754	0,8450	0,8264	0,8379	0,6245	0,2591	0,8992	0,4477	0,6533
	P	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0137	0,0001	0,0001	0,0001

Tabla 6.6. Coeficiente de correlación de Pearson y grado de correlación entre la altura, el diámetro de copa y la edad de las cepas de la zona adhesada.

	Altura-Edad	Diámetro de copa-Edad	Diámetro de copa-Altura
Coeficiente de correlación	0,94336	0,89249	0,95739
Grado de significación	0,0001	0,0017	0,0001

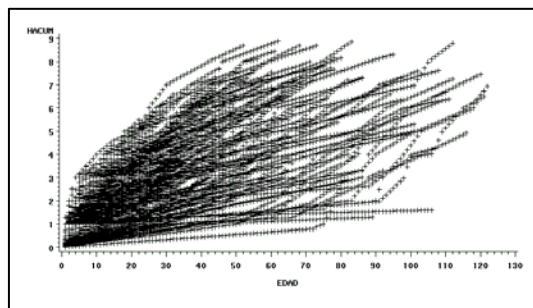


Figura 6.8. Altura de los chirpiales (m) según su edad.

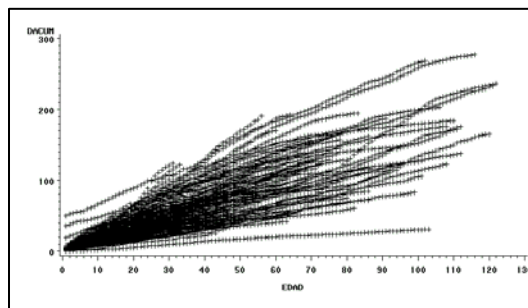


Figura 6.9. Diámetro de los chirpiales (mm) según su edad.

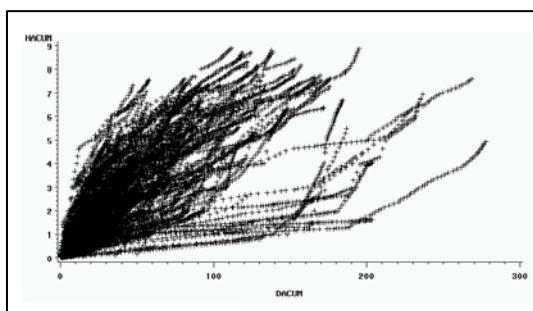


Figura 6.10. Altura (m) frente al diámetro (mm) de los chirpiales.

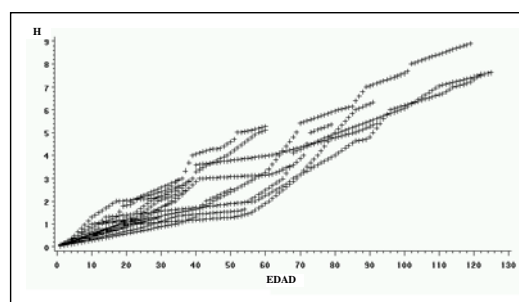


Figura 6.11. Altura de las cepas (m) según su edad.

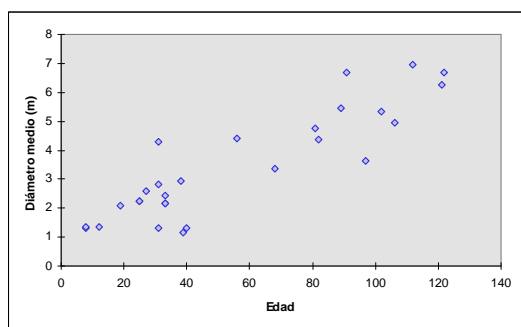


Figura 6.12. Diámetro de copa de las cepas (m) frente a la edad.

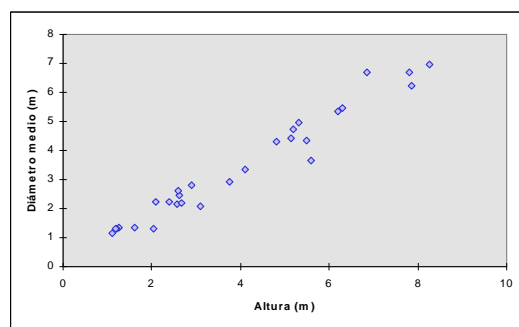


Figura 6.13. Diámetro de copa (m) frente a la altura (m) de la cepa.

A la vista de estos resultados, la relación altura-diámetro de copa de la cepa podría utilizarse para inferir el diámetro de copa a partir de la altura, ya que esta variable es más fácil de medir y esta relación aportaría una información muy relevante para el cálculo de la posibilidad del aprovechamiento de ramilla ornamental de las cepas.

6.3.3. Diferencias en el crecimiento entre la zona densa y adehesada.

En el análisis de varianza realizado para el crecimiento medio anual en altura de los chirpiales de las dos zonas no se han obtenido diferencias significativas más que en 14 de los 90 años estudiados. En la figura 6.14 se representan las medias del logaritmo neperiano del crecimiento en altura para cada edad, y se diferencian los años en los que existen diferencias significativas.

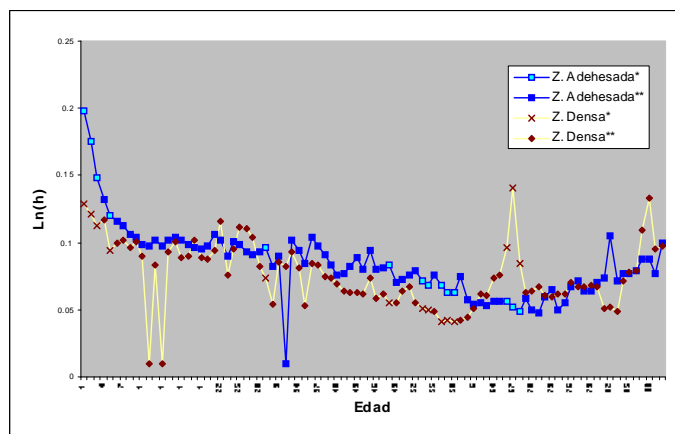


Figura 6.14. Valores medios del logaritmo neperiano del crecimiento anual en altura de los chirpiales en las zonas densa y adehesada para cada edad. Se señalan con diferente símbolo las edades en las que existen diferencias significativas (*) y las edades en las que no existen diferencias significativas entre estas zonas (**).



Sin embargo, en la comparación entre el crecimiento en altura anual de las cepas de la zona adhesada con el de los chirpiales de la zona densa se obtienen un mayor número de diferencias significativas, fundamentalmente en las primeras edades (Figura 6.15).

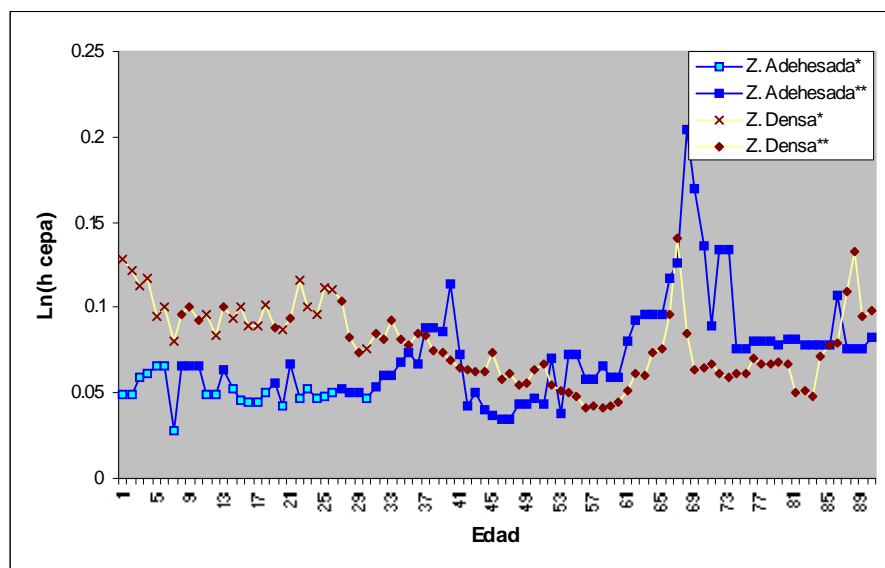


Figura 6.15 Valores medios del logaritmo neperiano del crecimiento anual en altura de las cepas de la zona adhesada y valores medios del logaritmo neperiano del crecimiento anual en altura de los chirpiales de la zona densa para cada edad. Se señalan con diferente símbolo las edades en las que existen diferencias significativas (*) y las edades en las que no existen diferencias significativas entre estas zonas (**).

El crecimiento en altura de los chirpiales de la zona densa es significativamente mayor que el de las cepas de la zona adhesada hasta los 26 años de edad. A partir de esta edad, ya casi no aparecen diferencias significativas en el crecimiento en altura entre ellas.

Los resultados de estos dos análisis anteriores difieren en los primeros años de vida de las plantas, la explicación de esta divergencia se encuentra en las dificultades que tienen las cepas para alcanzar alturas superiores a los 1,5 m por el continuo ramoneo del ganado que se come los brotes producidos año tras año.

En el primer análisis, se han considerado todos los chirpiales de la zona adhesada, los recomidos por el ganado y los que han crecido posteriormente protegidos por los primeros y ya no han sido atacados por el ganado, cabe pensar por tanto, que el crecimiento en altura de los chirpiales de la zona adhesada libres de ramoneo será mayor.

En el análisis de varianza del crecimiento anual en diámetro de los chirpiales de las dos zonas, a diferencia de los casos anteriores, se presentan diferencias significativas en casi todas las edades estudiadas hasta los 80 años (Figura 6.16). Para edades mayores a esta los datos de la zona densa son poco representativos ya que escasean los datos y casi su totalidad pertenecen a los estratos menos densos.

Excepto el primer año, siempre es mayor el crecimiento anual en diámetro de los troncos de las cepas de la zona adhesada y, como ya se ha dicho, en general es significativamente mayor (Figura 6.16). En los últimos años es donde se pierde la significación de estas diferencias. Esto no solo se debe a la deficiente distribución y cantidad de datos de la zona densa, sino también a un claro decaimiento del crecimiento anual en diámetro de los árboles de la zona adhesada.

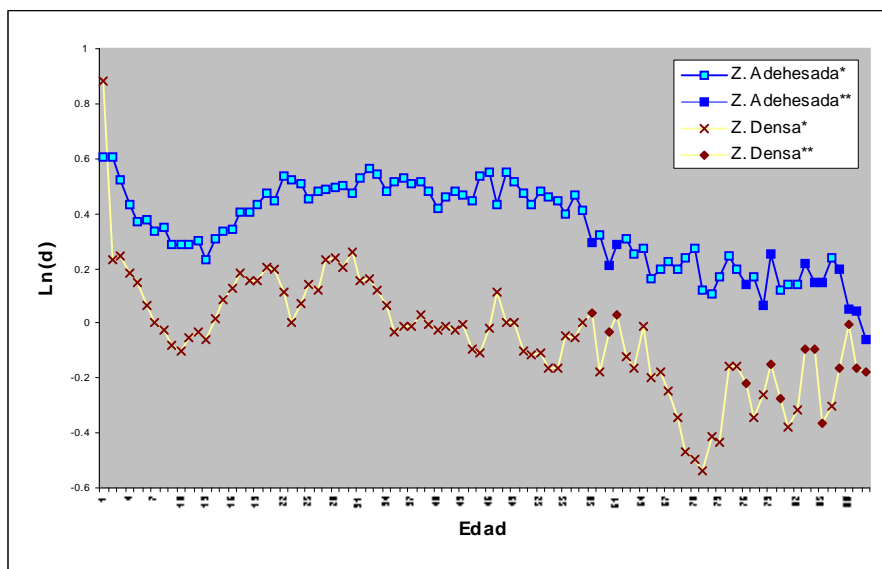


Figura 6.16. Valores medios del logaritmo neperiano del crecimiento anual en diámetro de los chirpiales en las zonas densa y adehesada para cada edad. Se señalan con diferente símbolo las edades en las que no existen diferencias significativas (*) y las edades en las que sí existen diferencias significativas entre estas zonas (**).

6.3.4. Crecimiento en la zona densa

6.3.4.1. Diferencias de crecimiento entre estratos.

En este análisis solamente se han utilizado los 50 primeros años de edad de cada árbol, ya que al ir perdiéndose árboles con la edad el número de datos que se tienen a partir de esta edad para algunos estratos es demasiado pequeño. Véanse en la figura 6.17 los marcados escalones que se producen en el valor medio de la altura en cada estrato a partir de los 50-60 años de edad a causa de la pérdida de chirpiales.

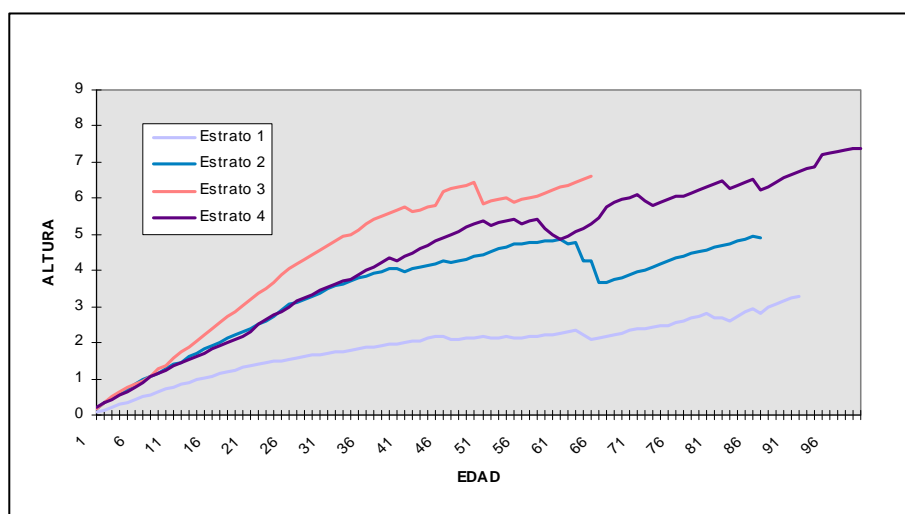


Figura 6.17. Altura media de los chirpiales de cada estrato según la edad.



A partir de la evolución temporal de la curva de la altura de cada árbol (Figura 6.18), se observa que en los estratos más densos (1, 2, e incluso 3) la mayoría de los árboles han estado dominados en las primeras etapas de su vida.

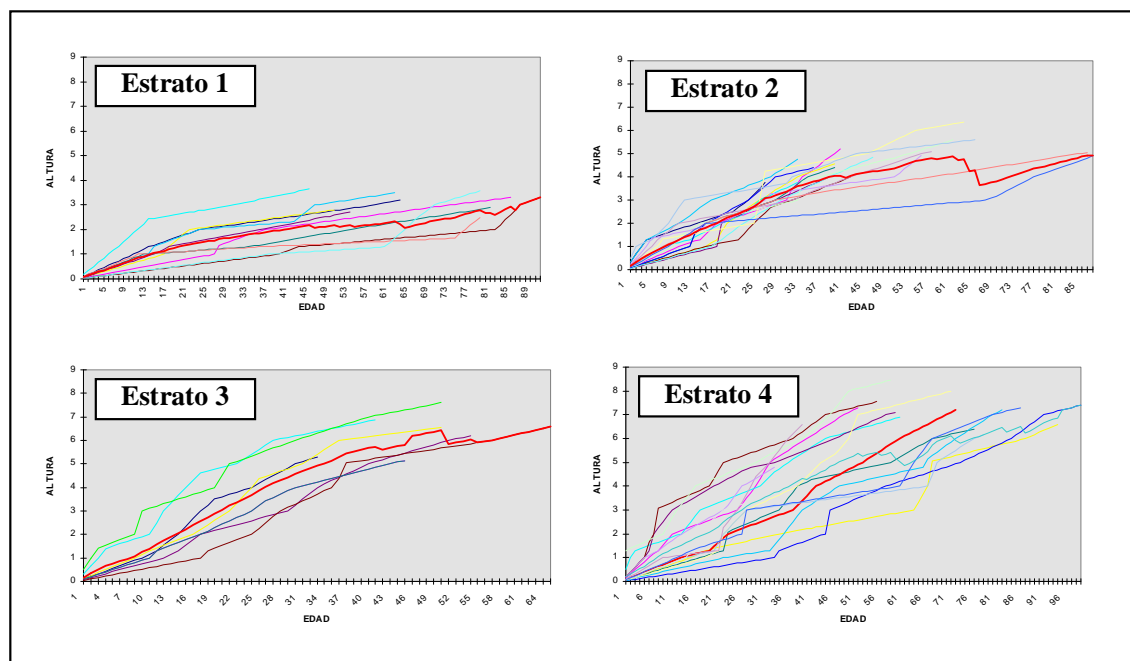


Figura 6.18. Altura de cada uno de los chirpiales en cada estrato para cada edad.

Los escalones que se observan en las curvas de altura de cada árbol (Figura 6.18) se deben a que, al ser esta una masa irregular con una fracción de cabida cubierta completa, en el momento en el que un árbol del estrato dominante muere o es cortado, los de alrededor independientemente de su edad presentan un rápido crecimiento en altura hasta que se vuelve a cerrar el dosel. No se observa, como ocurre en otras especies que los acebos al vivir dominados durante un largo número de años pierdan capacidad de reacción al ser liberados.

Esta característica del acebo hace prácticamente imposible estudiar diferencias en el crecimiento anual en altura de estos árboles. En el análisis de varianza realizado para el logaritmo neperiano del crecimiento anual en altura a cada edad, se ha realizado esta transformación de la variable para salvar los problemas de homocedasticidad existentes en el análisis del crecimiento anual sin transformar, no aparecen diferencias significativas a ninguna edad.

Se observa en la figura 6.18 la gran dispersión que presentan los valores de la altura de los árboles seleccionados en el estrato 4. Estas diferencias podrían deberse a variaciones de la densidad de la masa por acciones antrópicas, al proceder los datos de este estudio de parcelas temporales muestreadas una única vez en las que no se conoce su historia, pero en muchas de ellas se pudieron observar señales de antiguas cortas para la obtención de leña y/o presencia habitual de ganado.

Como puede apreciarse en las figuras 6.19 y 6.20, el crecimiento en diámetro es aparentemente un parámetro menos sensible que el crecimiento en altura. Los crecimientos medios diametrales de los estratos 2, 3 y 4 son muy similares (Figura 6.19), solamente se diferencia con claridad el estrato 1.

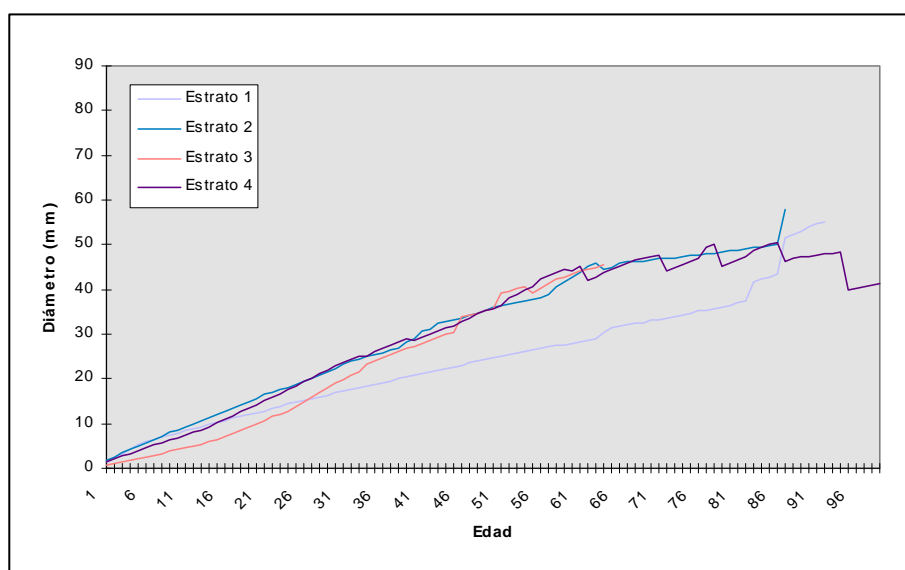


Figura 6.19. Diámetro medio de los chirpiales de cada estrato según la edad.

De manera similar a lo que ocurría en la altura, se observa en el diámetro acumulado de los acebos (Figura 6.20) que los valores del diámetro para el estrato 4 están mucho más dispersos que en el resto de los estratos.

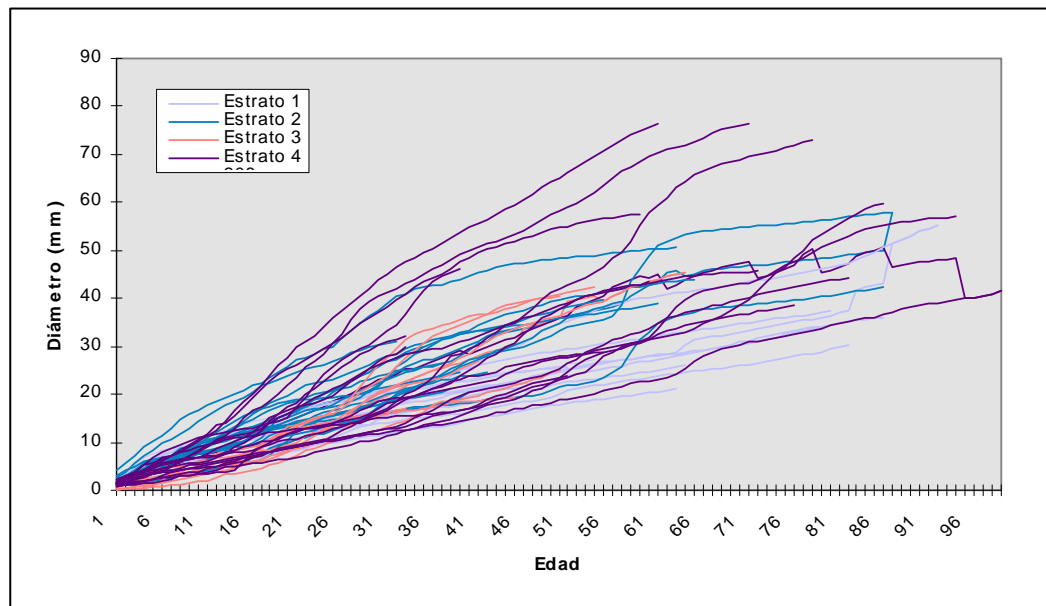


Figura 6.20. Diámetro de los chirpiales en la zona densa según el estrato.

Además, se puede deducir de los gráficos siguientes (Figura 6.21) que el crecimiento del diámetro mantiene una evolución más estable, aunque también se pueden observar pequeñas oscilaciones en su curva que coinciden con los bruscos escalones que aparecen en la altura de estos árboles.

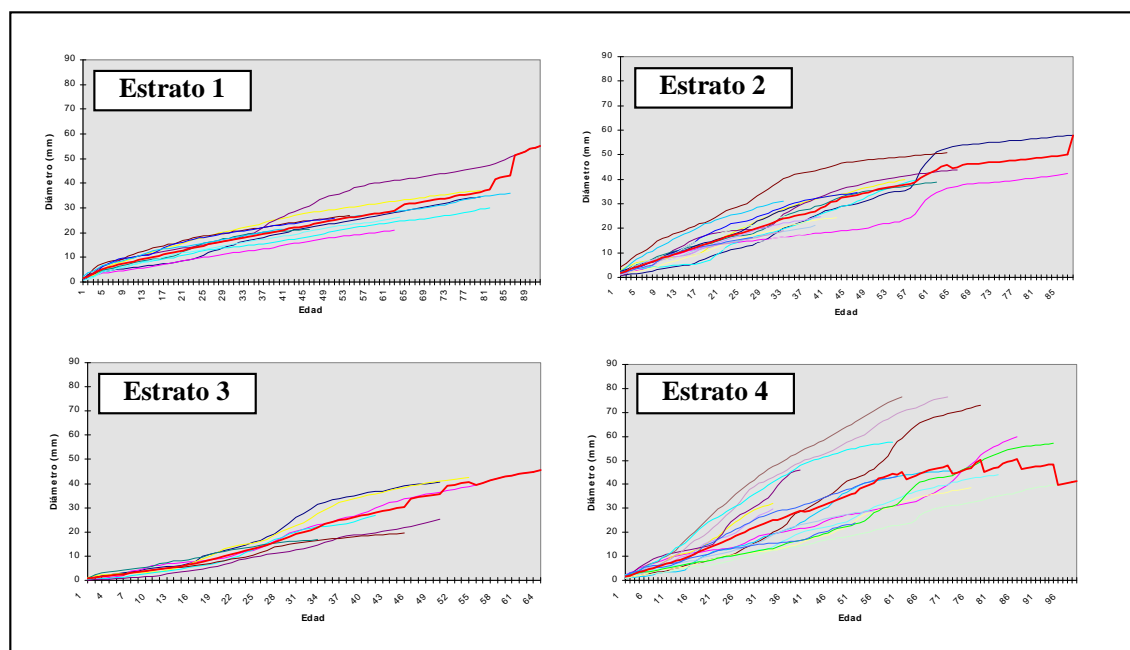


Figura 6.21. Diámetro de los chirpiales en cada estrato.

Los resultados resumidos del análisis de varianza de los incrementos radiales anuales y de la separación de medias, realizada mediante el test de Tukey ($\alpha > 90\%$) en el caso de existir diferencias significativas, se presentan en la tabla 6.7:

Tabla 6.7. Agrupación de los estratos según las diferencias significativas que aparecen para el crecimiento radial anual de chirpiales de la zona densa según el test de Tukey ($\alpha > 90\%$) para cada edad.

Año	Grupos	Año	Grupos	Año	Grupos	Año	Grupos	Año	Grupos
1	3 1 4 2	11	NS	21	NS	31	NS	41	NS
2	3 4 2 1	12	NS	22	NS	32	NS	42	1 3 2 4
3	3 4 2 1	13	NS	23	NS	33	NS	43	NS
4	3 4 2 1	14	NS	24	NS	34	NS	44	1 2 3 4
5	3 2 4 1	15	NS	25	1 2 4 3	35	1 2 3 4	45	1 2 3 4
6	3 4 1 2	16	NS	26	1 2 4 3	36	1 2 3 4	46	1 2 3 4
7	NS	17	NS	27	1 2 4 3	37	1 2 3 4	47	1 3 2 4
8	NS	18	NS	28	1 2 4 3	38	NS	48	NS
9	NS	19	1 4 2 3	29	1 2 4 3	39	NS	49	1 2 3 4
10	NS	20	1 2 4 3	30	1 2 3 4	40	NS	50	NS

En los 6 primeros años de vida no hay una marcada diferencia en el crecimiento medio anual de los distintos estratos. El estrato 3 (E3) mantiene el menor crecimiento mientras que los demás estratos se van alternando.



Entre los 7 y los 24 años de edad sólo hay 4 años donde hay diferencias significativas, es común a todos ellos que el estrato 2 ocupe el lugar del mayor crecimiento anual en diámetro.

Estos 25 primeros años son muy difíciles de interpretar, ya que no se conoce con detalle la historia de la masa. A pesar de conocerse sus aprovechamientos, no podemos saber en qué zonas eran aplicados ni con qué intensidad, ni tampoco saber cuales eran las densidades reales de las parcelas en esa época. A partir de 1972 se dejó de sacar acebo para leña, lo cual permite poder interpretar con más fiabilidad los datos posteriores.

Del año 25 al 50, tanto en los años con diferencias significativas como en el resto, el estrato 1 (E1) es el que presenta anillos de crecimiento de menor grosor y el estrato 4 (E4) es el de mayor crecimiento medio anual en diámetro. A excepción de los años que no son significativos, el orden de parcelas en estas edades es siempre el mismo, de mayor a menor diámetro: E1, E2, E3 y E4, donde, por lo general, el estrato 1 y el 4 son significativamente distintos entre ellos. Los otros dos estratos no suelen ser significativamente distintos entre ellos, ni tampoco con los anteriores, intercambiándose en ocasiones.

Igual que en el análisis del crecimiento en altura, los crecimientos de los árboles mayores de 50 años se eliminan del análisis ya que existen muy pocos datos no teniendo representación de todas las parcelas por lo que se obtienen resultados dispares y erróneos que no son comparables con el resto de los años.

6.3.4.2. Ajuste de funciones de crecimiento.

En primer lugar se ha ajustado una función de crecimiento a cada estrato, ya que las pautas del crecimiento en los diferentes estratos son distintas, como se ha visto en los apartados anteriores, según la edad de los árboles y el estrato considerado. Por tanto, puede que las curvas de crecimiento, tanto en altura como en diámetro, no sigan unas tendencias comunes para todos los estratos.

En el anexo 4, se incluyen los resultados estadísticos del ajuste del modelo de Richards al diámetro o la altura de los chirpiales según los tres métodos de ajuste utilizados para cada uno de los estratos. A continuación solamente se discutirán los resultados y se seleccionará la curva que se considere más adecuada tanto estadística como biológicamente.

6.3.4.2.1. Diámetro de los chirpiales.

A la vista de la gran variabilidad de diámetro en los chirpiales existentes en el estrato 4 y observándose la existencia de dos grupos bien diferenciados (Figura 6.22) que responden a situaciones diferenciadas e identificables, se ha dividido este estrato en dos subestratos en función de la intensidad de la acción del ganado en las parcelas muestreadas, y se ha ajustado una funciones de crecimiento diferente en cada uno de ellos. Se ha denominado “subestrato 4a” al que integra aquellas zonas del estrato 4 que no presentan claros signos de presencia del ganado y “subestrato 4b” al compuesto por las zonas denominadas “cuadras” que son utilizadas habitualmente por el ganado como zonas de descanso.

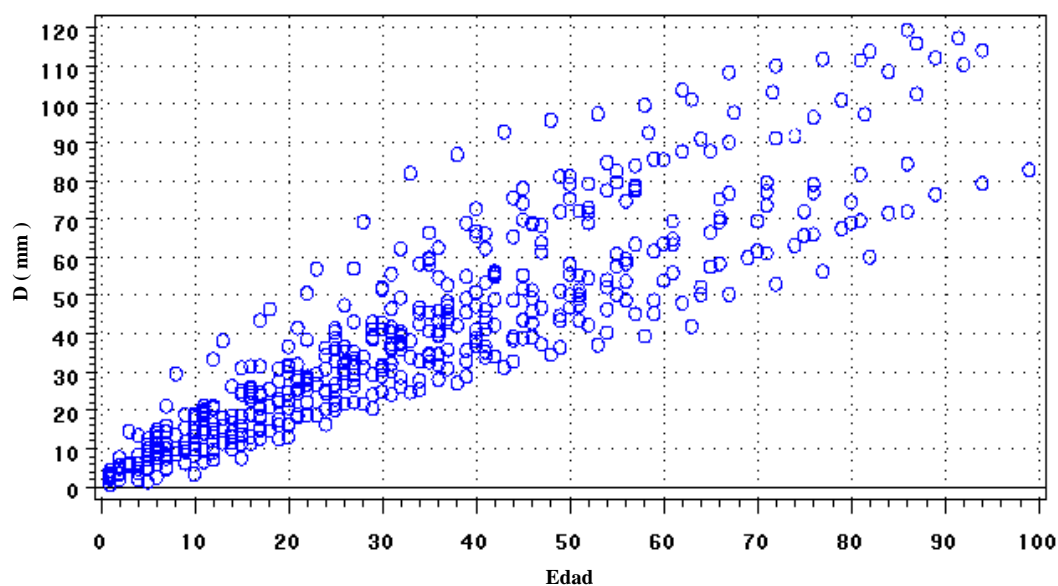


Figura 6.22. Representación gráfica de los diámetros (mm) observados en los chirpiales del estrato 4 de la zona densa.

Las tres funciones ajustadas por cada uno de los métodos citados en la metodología a cada uno de los estratos y sustratos estudiados se han representado en un mismo gráfico junto con los datos utilizados para su ajuste (Figura 6.23). En todos los casos se ha descartado en primer lugar la curva elaborada a través del método de los “valores medios”: en los estratos 1, 2, 3 y 4b, estas curvas presentan unas asíntotas acordes con los valores esperados para el diámetro de la especie, pero sin embargo son demasiado convexas y, como puede apreciarse en la figura 6.23, sobrevaloran el diámetro de los acebos en casi todo el rango de edades estudiado. Además, estos modelos son los que mayor error cuadrático medio presentan en todos los estratos (Anexo 4.1).

En todos los estratos el error cuadrático medio cometido en el ajuste por el método de los “árboles extendidos” respecto de los valores utilizados para el ajuste de la función de crecimiento es mayor que el que aparece al aplicar el mismo modelo a los datos de partida. Lógicamente este hecho se debe en gran medida a la existencia de un menor número de datos en las mayores edades en los datos iniciales que es donde se producen mayores errores, pero también indica un buen ajuste del modelo a los datos de partida, sobre todo si tenemos en cuenta que, en algunos casos, este error es menor que el del ajuste del modelo por el método del “ajuste directo”.

En los estratos 1, 2 y 3 el principal problema que presenta el “ajuste directo” del modelo de Richards es la pérdida del sentido biológico de las curvas ajustadas. Los valores de la asíntota son demasiado altos, el acebo no alcanza nunca esas dimensiones en las condiciones en las que se encuentra. Además, el ritmo de crecimiento del diámetro según el modelo ajustado decae a edades muy superiores a las alcanzadas por estos árboles (mayores de 200 años), cuando en los datos se observa que en los últimos años estudiados ya descende el crecimiento medio anual en diámetro en todos los estratos estudiados.

El modelo ajustado por el método de los “árboles extendidos” soluciona estos problemas presentando un ajuste más adecuado, tanto estadística como biológicamente, en todos estos estratos, por lo que ha sido seleccionado.

En los dos sustratos definidos en el estrato 4 las ecuaciones ajustadas por los métodos de “ajuste directo” y de los “árboles extendidos” no presentan diferencias



significativas según el test de homogeneidad de parámetros de Lakis-Jones ($P < 0,0001$), y sus curvas son prácticamente iguales en el rango de edades estudiado como puede apreciarse en la figura 6.23. Se ha seleccionado en este caso las curvas ajustadas por el método de “ajuste directo”, ya que no presentan problemas de interpretación biológica y su elaboración es menos artificial.

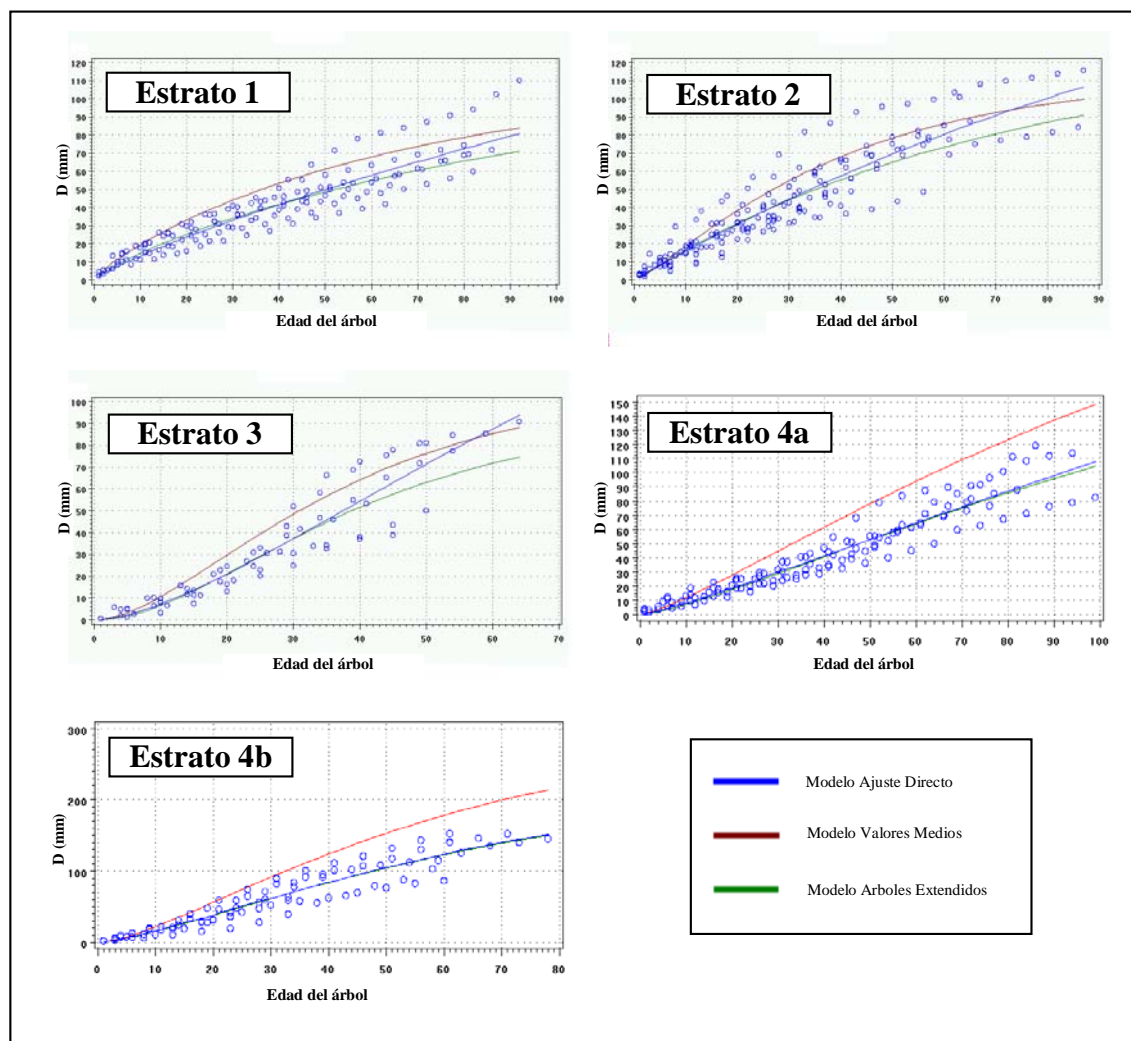


Figura 6.23. Representación gráfica de las curvas ajustadas al diámetro de los chirpiales en cada estrato por medio de cada uno de los métodos ensayados. Se representan también en el gráfico los valores observados.

En la figura 6.24 se representan las curvas seleccionadas para las cinco zonas definidas. En esta figura destaca que las curvas de crecimiento se cruzan entre sí, a diferencia de lo que suele ocurrir en la mayor parte de los modelos de crecimiento elaborados mediante el ajuste de una familia de curvas, anamórficas o polimórficas. Aunque estos modelos presenten mayores dificultades a la hora de calcular la producción de las masas forestales se pueden utilizar para obtener conclusiones científicas o recomendaciones prácticas que sin la adecuada base estadística no dejarían de ser suposiciones más o menos avaladas de forma intuitiva.

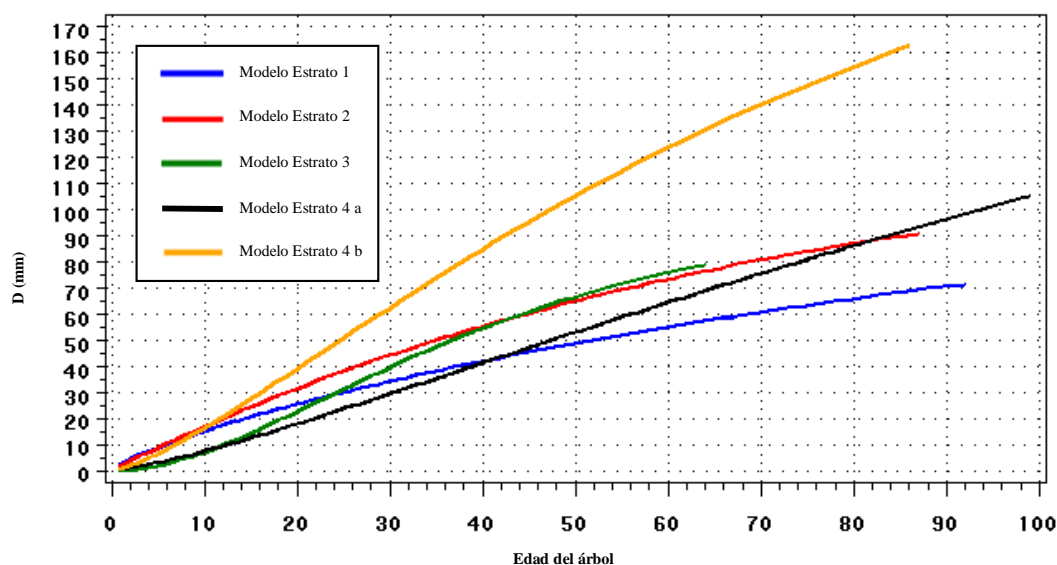


Figura 6.24. Representación gráfica de la función de crecimiento de Richards ajustada a cada estrato para el diámetro.

El modelo refleja que el crecimiento diametral de los estratos más densos (1 y 2) no presenta punto de inflexión, su crecimiento anual máximo aparece en el primer año de vida, y posteriormente su tasa de crecimiento es siempre decreciente mientras que en los estratos 3, 4a y 4b el crecimiento máximo no se produce hasta los 22, 25 y 22 años respectivamente.

También destaca el hecho de que en los primeros años de edad se producen mayores crecimientos en diámetro en los estratos más densos. Pero sus tasas de crecimiento decaen muy rápidamente y a partir de edades tempranas, aproximadamente 15 años, ya son mayores los diámetros de los troncos en las masas de menor densidad.

Exceptuando el estrato 4b, en los otros estratos no puede rechazarse la hipótesis nula de igualdad de parámetros entre ninguna de las funciones de crecimiento ajustadas a los mismos tomadas dos a dos, por tanto dentro del rango de edades estudiado no se puede decirse que estas curvas sean significativamente diferentes. Por tanto, para facilitar la utilización de estos modelos con fines predictivos, ya que no se necesita una excesiva precisión por la naturaleza y uso de los productos que podrían obtenerse, se ha ajustado una única función de crecimiento para todas las zonas densas sin claros signos de la acción del ganado y otra para las anteriormente denominadas “cuadras”, que coinciden con el subestrato 4b definido.

De nuevo se han ajustado tres funciones de Richards, mediante los tres diferentes metodologías estudiadas, al conjunto de chirpiales de la zona densa exceptuando las “cuadras”, estas se representan en la figura 6.25.

Igual que ocurría en casos anteriores, en primer lugar se descarta la curva ajustada por el método de los “valores medios”. Se puede observar en la figura 6.25, y se confirma mediante el test de Lakis-Jones que las otras dos funciones no presentan diferencias significativas ($P < 0,001$) entre ellas. Se selecciona la curva realizada mediante el “ajuste



directo”, por su menor error cuadrático medio, su mejor ajuste a los datos y su mayor coherencia biológica.

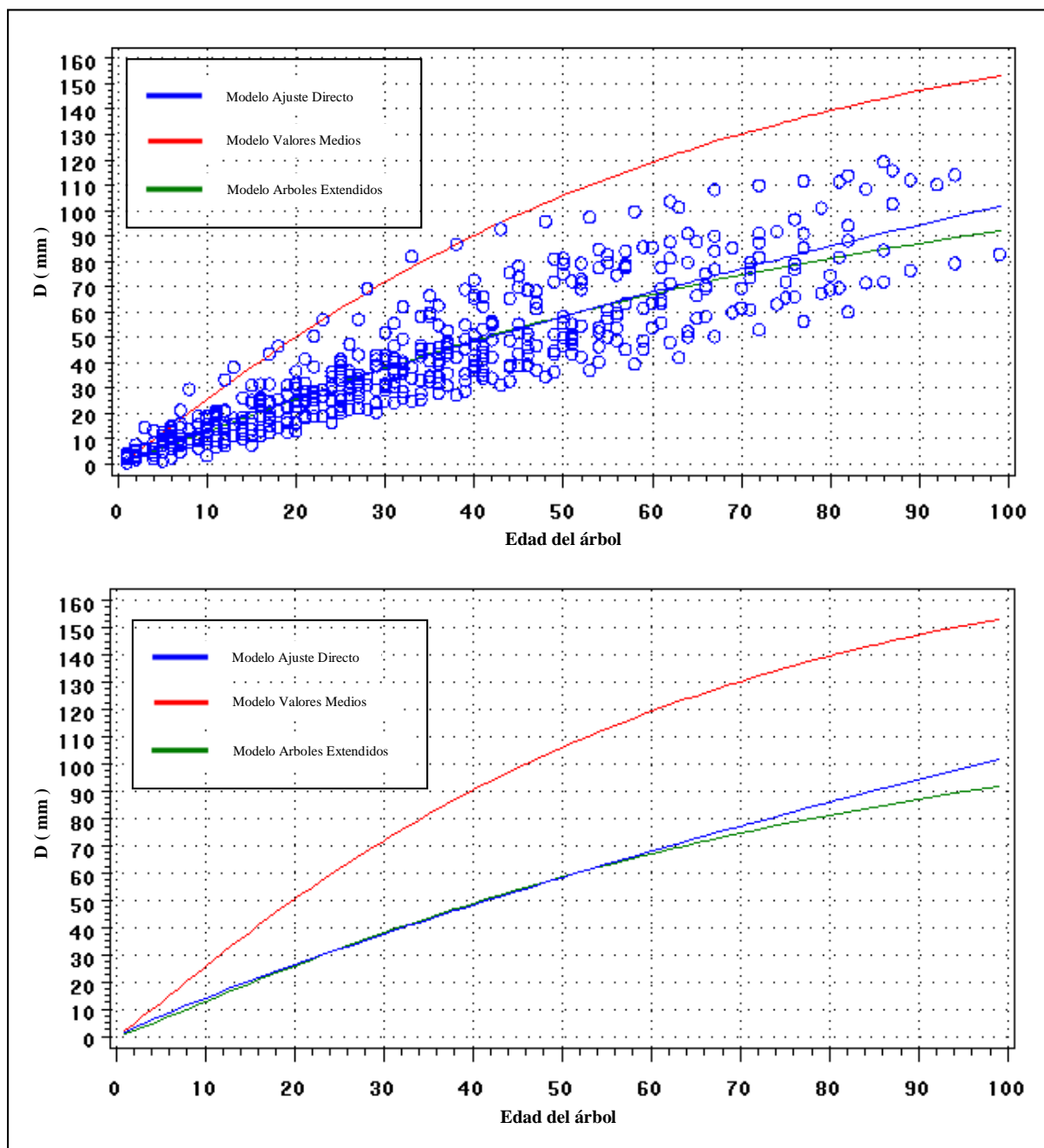


Figura 6.25. Representación gráfica de las curvas ajustadas al diámetro de los chirpiales del conjunto de la zona densa por medio de cada uno de los métodos ensayados. Se representan también en el gráfico los valores observados.

En la figura 6.26 se representan las dos funciones de crecimiento finalmente seleccionadas para los chirpiales de la zona densa.

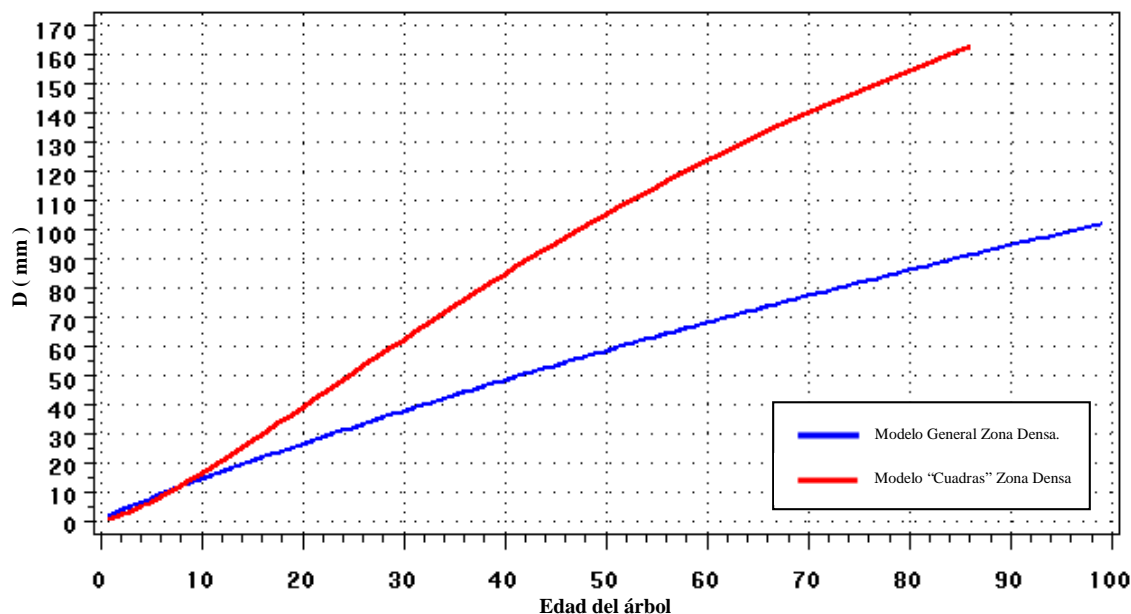


Figura 6.26. Representación gráfica de la función de crecimiento de Richards ajustada para el diámetro en las dos zonas definidas en la zona densa.

6.3.4.2.2. Altura de los chirpiales.

Se ha representado gráficamente cada una de las funciones ajustadas en cada estrato junto con los datos de partida (Figura 6.27).

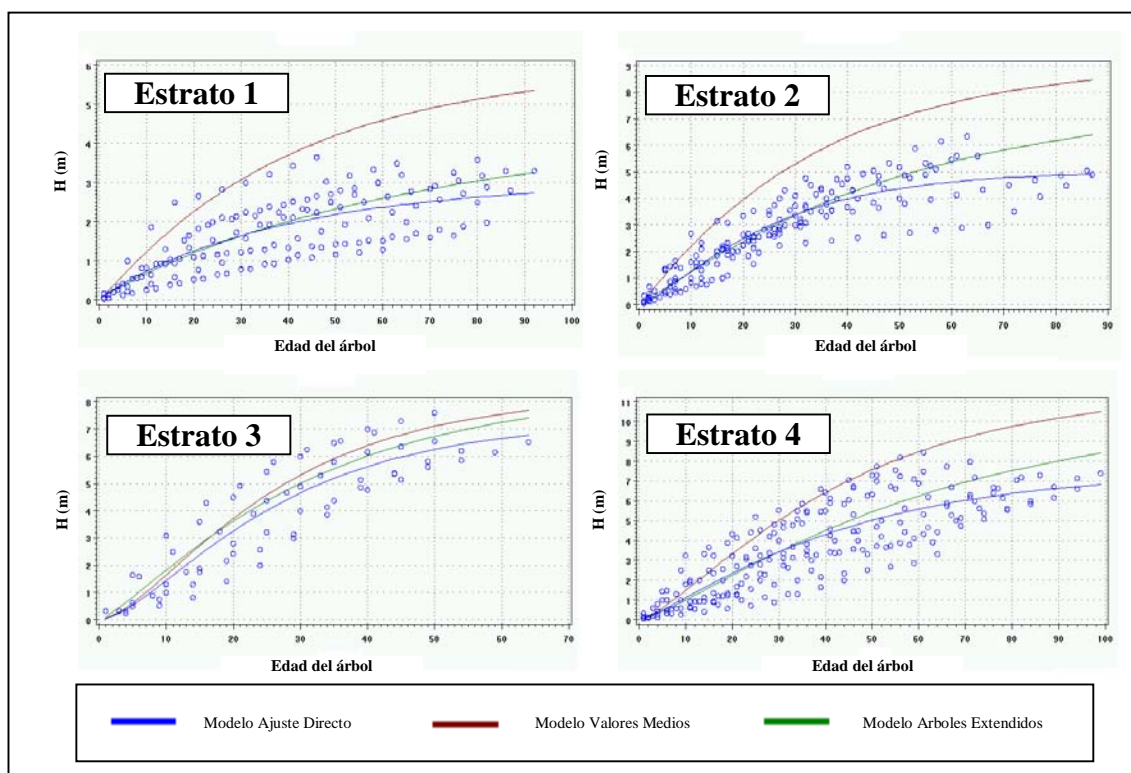


Figura 6.27. Representación gráfica de las curvas ajustadas a la altura de los chirpiales en cada estrato de la zona densa por medio de cada uno de los métodos ensayados. Se representan también en el gráfico los valores observados.



Los resultados de estos ajustes, a diferencia de lo que ocurría con el diámetro, no son similares en todos los estratos.

En el estrato 3, las pautas que siguen tres curvas ajustadas son muy similares, casi idénticas (Figura 6.27), sus errores cuadráticos medios son casi iguales y sus asíntotas están bastante próximas. Excepcionalmente, ya que esto no se ha producido en ninguno de los demás ajustes, el modelo elaborado con el método de los valores medios presenta un buen ajuste. Los tres modelos ajustados presentan un comportamiento que no difiere significativamente entre sí, por ello la selección se ha llevado a cabo siguiendo criterios biológicos. Al tener la asíntota más alta, aunque no significativamente diferente ($P < 0,1$), se ha seleccionado la función ajustada por el método de los “árboles extendidos”, anteriormente citada, puesto que aporta valores de alturas y crecimientos a edades avanzadas que parecen adaptarse más a la realidad, según una percepción empírica.

En los otros tres estratos, al igual que ocurría para el diámetro de los chirpiales en esta zona densa, las curvas ajustadas con el método de los “valores medios” presentan una mayor convexidad que el resto de las funciones ajustadas, y el error cuadrático medio de los métodos de “ajuste directo” y de los “árboles extendidos” son prácticamente iguales, mientras que los errores que se cometen con el método de los “valores medios” son mucho mayores.

El “ajuste directo” del modelo de Richards a los datos observados presenta en todos los casos un ajuste aceptable, pero debido a la estructura de los datos, igual que ocurría en el diámetro, se produce una discordancia entre los valores de las asíntotas de las curvas ajustadas y los valores de la altura observados. También por motivos biológicos, igual que sucedía en el estrato 3, los bajos valores de estas asíntotas hacen que finalmente se seleccionen las funciones ajustadas por el método de los “árboles extendidos”. En el estrato 1 además, se puede observar que la curva ajustada por el método del “ajuste directo” infravalora la altura de los árboles en su etapa juvenil (Figura 6.27).

Por tanto, y a pesar de que el ajuste de las curvas en el estrato 3 difiere sustancialmente del resto, se han seleccionado para los cuatro estratos las curvas ajustadas mediante el método de los “árboles extendidos”.

En la figura 6.28 se representan las curvas seleccionadas para los cuatro estratos definidos.

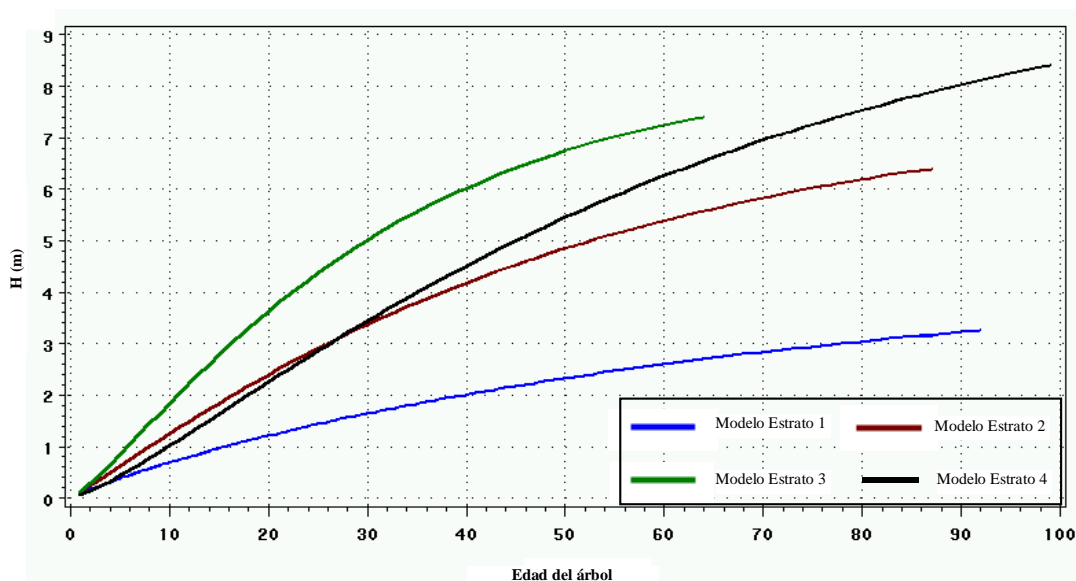


Figura 6.28. Representación gráfica de la función de crecimiento de Richards ajustada a cada estrato para la altura.



En la figura 6.28 se observa que el crecimiento en altura de los chirpiales para los estratos 1, 2 y 3 se comporta de una forma más armoniosa que el diámetro. Los modelos ajustados a cada uno de estos estratos en general no se cruzan y mantienen una posición relativa acorde con sus densidades y creciente a lo largo del tiempo. Sin embargo, el modelo ajustado para el estrato 4 no sigue las mismas pautas de crecimiento que el resto, y aunque la altura predicha para sus troncos es siempre mayor que la del estrato 1, no ocurre lo mismo con los otros dos estratos, no superando en altura al estrato 2 a los 25 años de edad y al estrato 3 hasta los 75.

Si bien, en la gran mayoría de las especies forestales la altura de dosel no varía en función de la densidad de la masa, en este caso no se obtienen unos resultados acordes con este principio selvícola. La causa de esta discrepancia puede buscarse en la diferente acción antrópica, tanto por parte del ganado como en cortas de leña, pueden haber existido en cada zona y a la posibilidad de una diferente respuesta del acebo ante ellas en estas masas irregulares con diferentes densidades.

Además, la información utilizada para el ajuste de estos modelos, como ya se ha dicho, procede de árboles de parcelas temporales estudiados mediante análisis de troncos. El pasado de las acebedas, como el de la mayor parte de las masas naturales es cuanto menos incierto, complejo y ha sido objeto de abatares de muy diversa naturaleza, meteorológicos, plagas, incendios, cortas, pastoreo, etc. que obviamente han afectado a sus crecimientos.

El estrato 4 es el que mayor número de huellas de la acción del hombre y del ganado presenta. Se puede suponer con bastante certeza que sus densidades actuales son producto de la acción humana y es difícil saber desde cuando y de qué manera se ha influido sobre sus crecimientos.

La tasa de crecimiento máximo en altura se produce en los primeros años de vida del árbol en toda la zona densa. La curva ajustada al estrato 1 no presenta punto de inflexión, es decreciente en todo su recorrido, mientras que los estratos 2, 3 y 4 tienen sus puntos de inflexión y, por tanto, su tasa de crecimiento máxima, a los 5, 7 y 15 años respectivamente. En todos los casos, esta aparece antes que en el crecimiento diametral.

Mientras que el decaimiento del ritmo de crecimiento se produce antes en el crecimiento diametral que en la altura, como era de esperar (DELEUZE *et al.*, 1996). A diferencia de lo que ocurría para el diámetro, los valores predichos para la altura de los chirpiales en los diferentes estratos presentan valores significativamente diferentes para todas las edades. Las curvas ajustadas para cada estrato son todas significativamente diferentes entre sí.

6.3.5. Crecimiento en la zona adehesada.

6.3.5.1. Ajuste de funciones de crecimiento para los chirpiales.

6.3.5.1.1. Diámetro de los chirpiales.

En este apartado se ha seguido exactamente la misma estructura para la presentación de los resultados que en el apartado anterior. En el anexo 4 se incluyen los resultados estadísticos del ajuste del modelo de Richards según los tres métodos utilizados y a continuación se resumen los resultados obtenidos y se selecciona el modelo más adecuado tanto estadística como biológicamente.

Se ha representado gráficamente cada una de las funciones ajustadas para su comparación junto con los datos de partida (Figura 6.29).

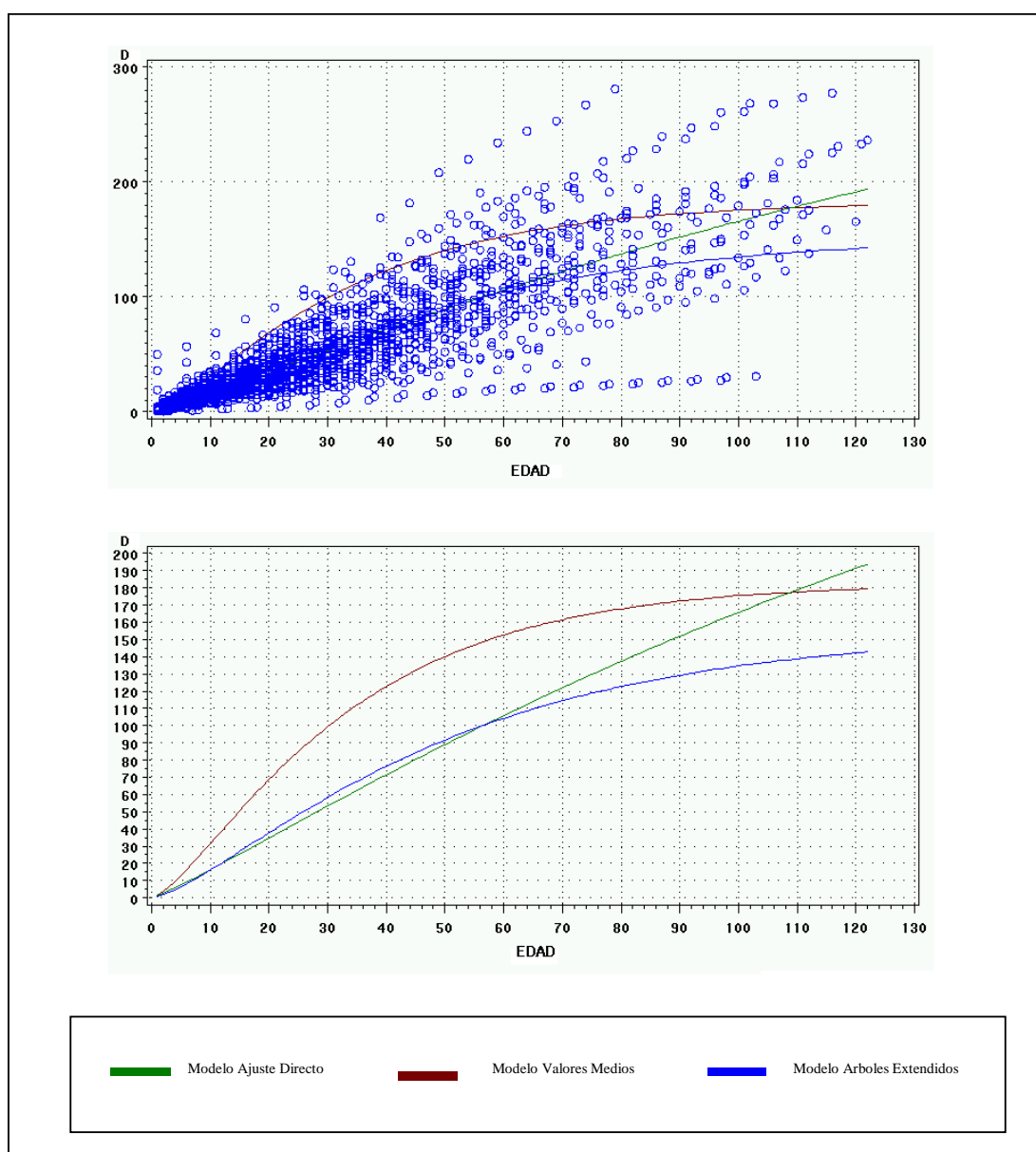


Figura 6.29. Representación gráfica de las curvas ajustadas al diámetro de los chirpiales de las cepas de la zona adhesada por medio de cada uno de los métodos ensayados. Se representan en el gráfico con y sin los valores observados.

A la vista de los resultados obtenidos por cada uno de los métodos usados, y análogamente a lo que ocurría en los casos anteriores, se desecha en primer lugar la función calculada por el método de los “valores medios”. Se puede observar en la figura 6.29 que esta función presenta un ajuste muy deficiente a los datos de partida, ya que se encuentra en prácticamente todo el recorrido por encima de los valores observados.

También se descarta la función ajustada mediante el método de los “árboles extendidos”, esta presenta unos valores del diámetro demasiado bajos a partir de los 60 años y su comportamiento asintótico en edades tan tempranas no se corresponde con la tendencia de crecimiento que se observa en los datos (Figura 6.29). Este efecto se debe a la extensión de las tendencias de crecimiento de troncos de edades jóvenes que crecen en condiciones de fuerte ramoneo del ganado y que aún no se han liberado.

Por tanto, la función de crecimiento ajustada por el método del “ajuste directo”, que es además la que menor error cuadrático medio presenta, es la seleccionada.



El crecimiento diametral de los chirpiales en las cepas de la zona adhesada de las acebedas, según el modelo ajustado, en el intervalo de edades estudiado no presenta aun crecimiento asintótico. Los chirpiales de acebo a los 120 años de edad aún mantienen una tasa de crecimiento anual elevada.

El crecimiento medio anual en diámetro de los chirpiales de esta zona presenta una tendencia lineal clara, como puede apreciarse a simple vista en la figura 6.30. La comparación de esta curva de crecimiento, dentro del intervalo estudiado, con una recta de regresión ajustada con los diámetros predichos por la misma ($y = 0,978636 - 1,86119$) presenta una correlación casi perfecta $R^2 = 0,9979$ ($P < 0,001$), estando todos los puntos predichos incluidos en el intervalo de confianza de la recta con una probabilidad del 99%.

Esta función presenta un punto de inflexión a los 20 años de edad, con una tasa de crecimiento diametral anual de 1,88 mm/año.

En la comparación de las curvas de crecimiento ajustadas al diámetro de los chirpiales de acebo de cada una de las zonas estudiadas en las acebedas, se puede apreciar que el modelo de crecimiento del diámetro de los chirpiales de la zona adhesada predice valores superiores que el resto de los modelos, excepto para las zonas con fuerte influencia antrópica del sustrato 4b y para el estrato 1 de la zona densa en los primeros 8 años de edad.

Se puede afirmar por tanto que el diámetro medio de los chirpiales de la zona adhesada es mayor que el de los de la zona densa, exceptuando las zonas de refugio del ganado o sestiles, en las cuales aparecen los mayores diámetros probablemente por el efecto de abonado del ganado.

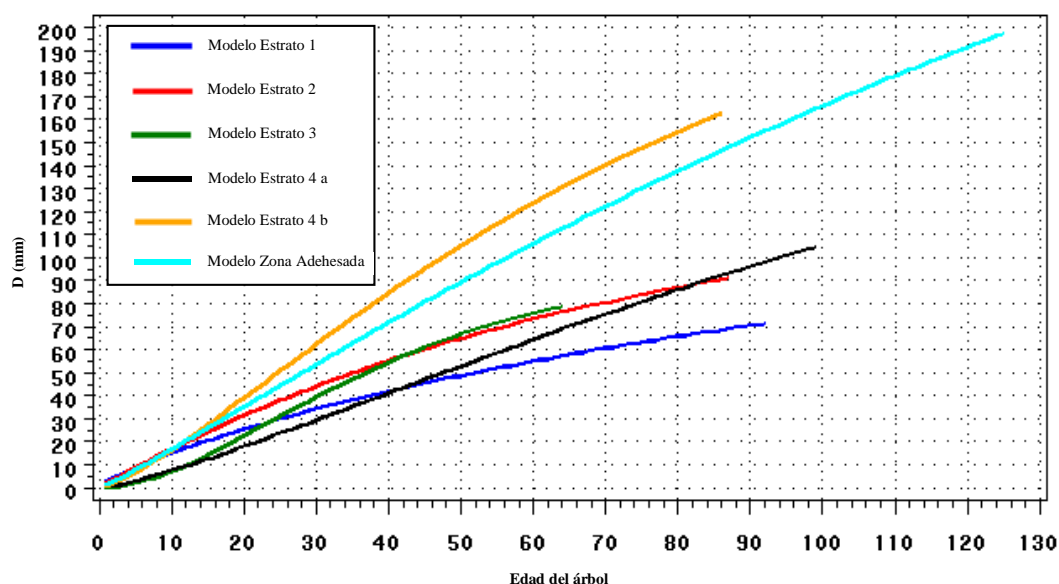


Figura 6.30. Representación gráfica de las curvas ajustadas al diámetro (mm) de los chirpiales de las cepas de la zona adhesada y de cada uno de los estratos de la zona densa.

La tendencia de crecimiento que refleja esta función de crecimiento es muy similar a la de los estratos 3, y, sobre todo, 4, a y b. Estas cuatro zonas presentan una evolución similar de la tasa de crecimiento anual en diámetro, y sus puntos de inflexión se presentan a edades similares, entorno a los 20-25 años. En la figura 6.30 se puede observar la representación gráfica de las funciones ajustadas al diámetro de los chirpiales de cada zona de la acebeda.

Mediante el test de Lakis-Jones se ha comprobado que esta función ajustada a los chirpiales de la zona adhesada es significativamente diferente a las otras dos ajustadas para



el total de la zona densa. Finalmente, en la figura 6.31 se representan las tres funciones de crecimiento del diámetro de los chirpiales de acebo.

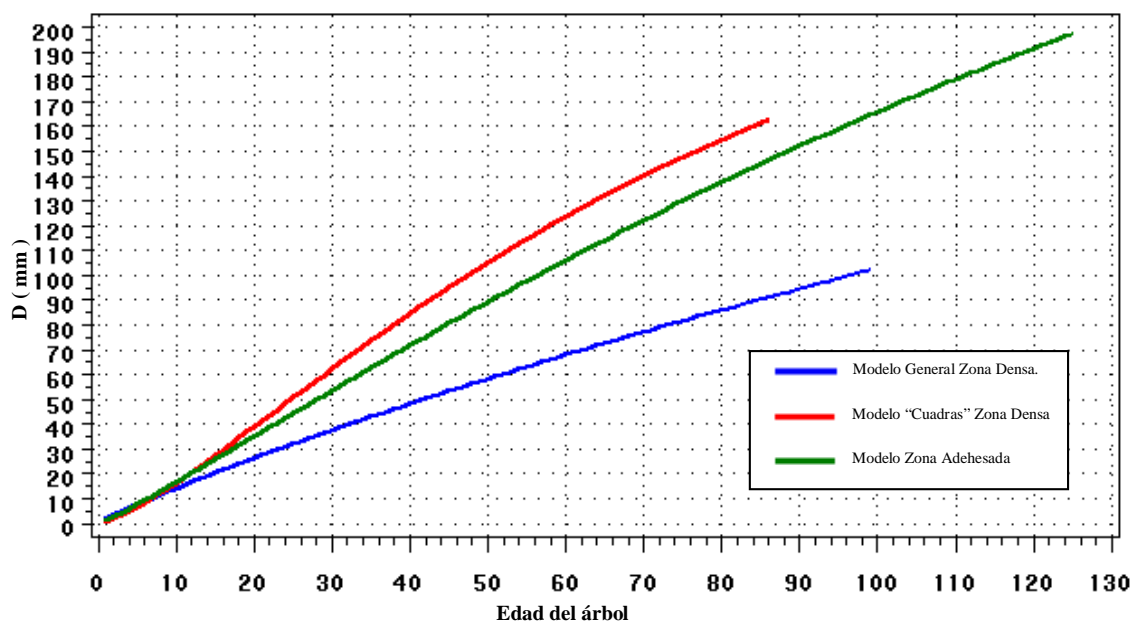


Figura 6.31. Representación gráfica de las funciones de crecimiento de Richards ajustadas para el diámetro de los chirpiales.

6.3.5.1.2. Altura de los chirpiales.

Antes de realizar el ajuste de una función de crecimiento a la altura de los chirpiales de la zona adehesada es necesario estudiar los datos de partida. En la figura 6.32 puede observarse la enorme variabilidad de la altura que presentan estos acebos. En árboles de la misma edad, entre 20 y 80 años, se encuentran diferencias de altura muy elevadas, que pueden llegar a alcanzar los 8 m. Teniendo en cuenta que estos árboles no suelen sobrepasar los 9 metros de altura, estas diferencias son demasiado grandes para que el crecimiento en altura de todas ellas responda a una única curva de crecimiento.

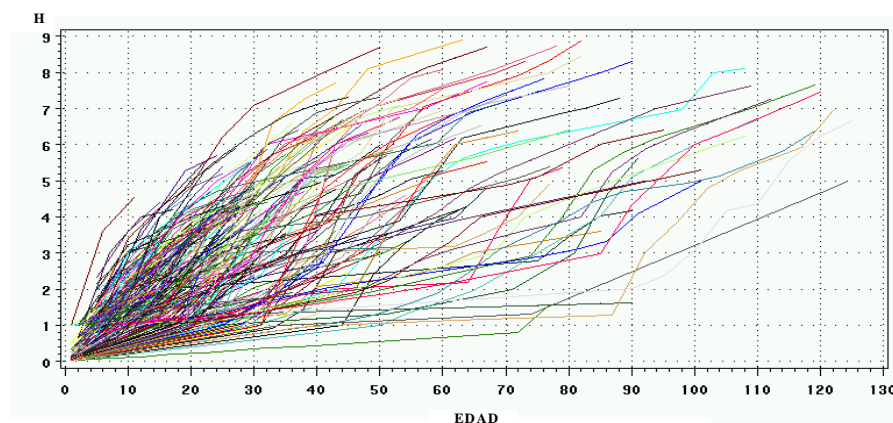


Figura 6.32. Series de datos de alturas observadas en los chirpiales de la zona adehesada.

Se puede apreciar que existe una serie de árboles que durante los primeros años de su vida presentan un crecimiento en altura muy pequeño o casi nulo debido al ramoneo del



ganado que pasta libremente por la acebeda. Estos árboles fuertemente ramoneados se han eliminado del ajuste. Para su separación del resto se ha utilizado el criterio de eliminar todos aquellos troncos que a los 25 años de edad no habían alcanzado aún la altura normal, o sea 1,3 m (Figura 6.33).

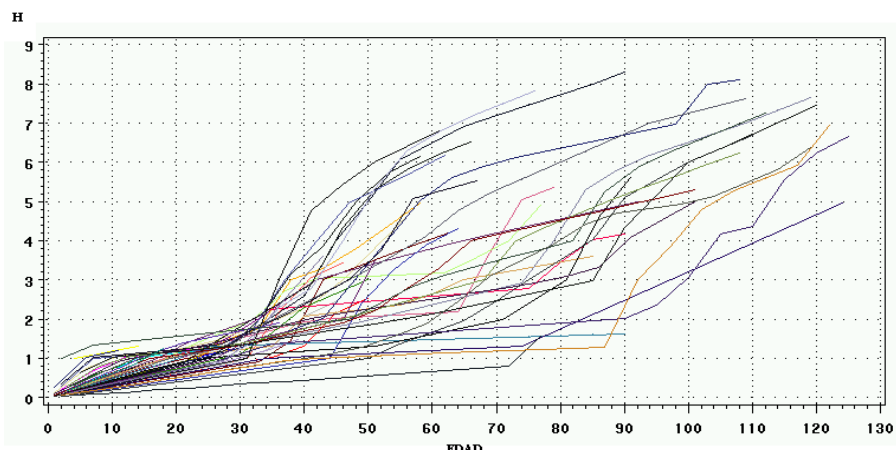


Figura 6.33. Series de datos de las alturas observadas de los chirpiales dominados por el ganado que han sido eliminados del ajuste del modelo de crecimiento en altura.

Los árboles utilizados para el ajuste una vez eliminados los ramoneados son los que se representan en la figura 6.34.

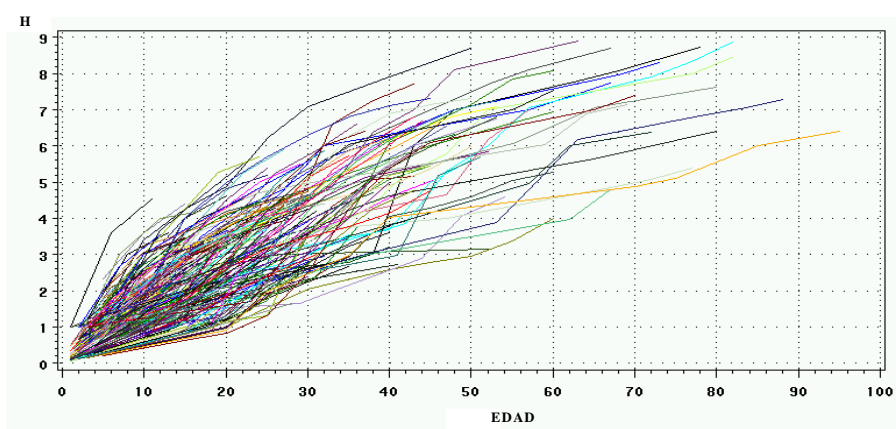


Figura 6.34. Series de datos de las alturas de los chirpiales de las cepas de la zona adhesada utilizados para el ajuste del modelo de crecimiento en altura de los mismos.

Puede observarse en la figura 6.33 que se pueden encontrar troncos ramoneados desde sus primeros años, o bien otros que han comenzado a ser recomidos por el ganado a diferentes alturas y edades. También se aprecia en esta figura que la acción del ganado se prolonga hasta diferentes edades, pudiendo alcanzar los 90 años.

De la misma manera que en los apartados anteriores, en el anexo 4 se incluyen los resultados estadísticos del ajuste del modelo de Richards a los árboles que han crecido libres de ramoneo según los tres métodos utilizados. A continuación se ha representado gráficamente cada una de las funciones ajustadas para su comparación junto con los datos de partida (Figura 6.35).

La curva obtenida mediante el método de los “valores medios” no se considera adecuada, como puede apreciarse en la figura 6.35 se encuentra en casi la totalidad de su



recorrido por encima de los valores observados y su error cuadrático medio es mucho mayor que el de las otras dos curvas ajustadas por los otros métodos (Anexo 4.4).

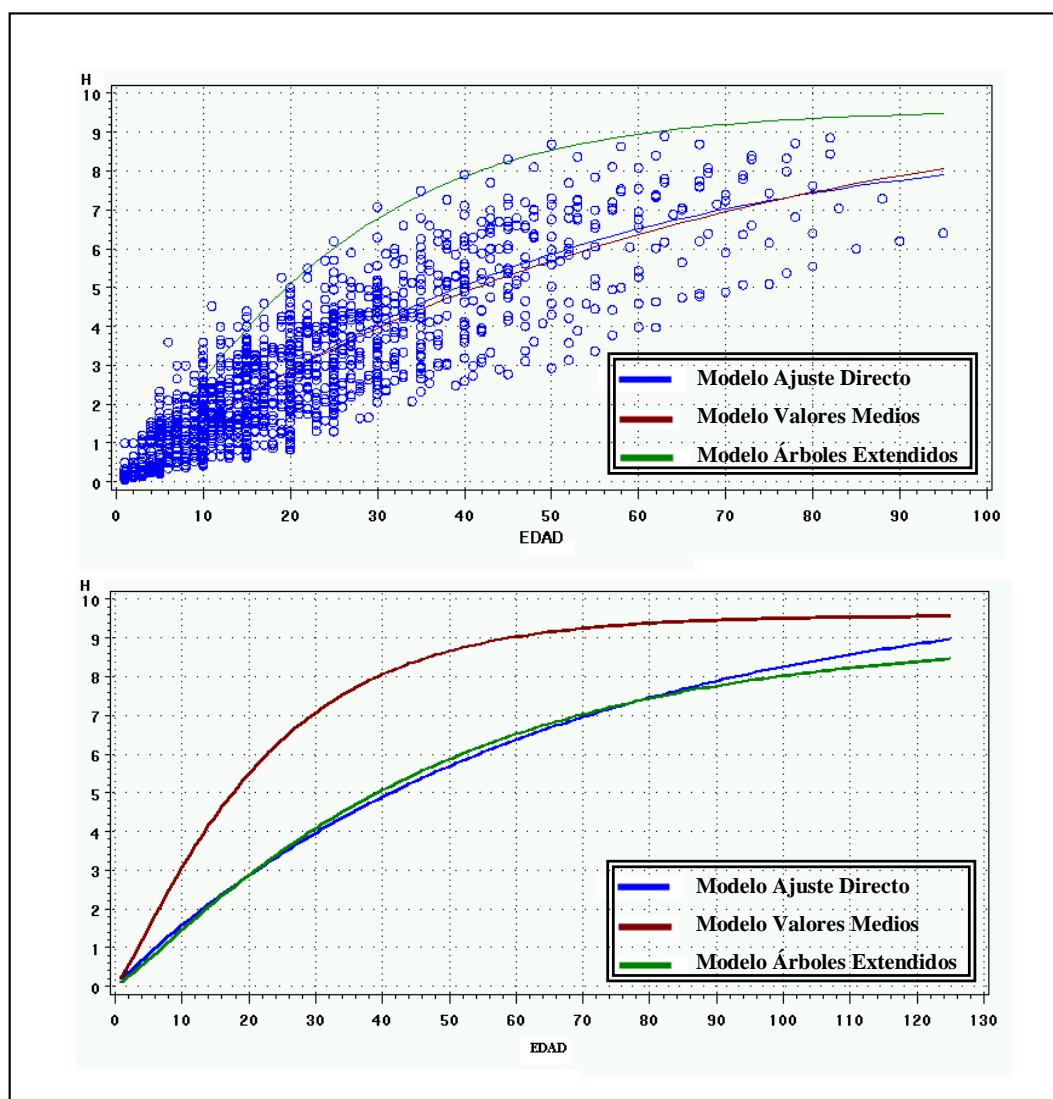


Figura 6.35. Representación gráfica de las curvas ajustadas a la altura de los chirpiales de las cepas de la zona adehesada por medio de cada uno de los métodos ensayados. Se representan en el gráfico con y sin los valores observados.

Dentro del rango de edades de los datos utilizados para el ajuste del modelo, las otras dos curvas ajustadas son muy similares, sus errores son prácticamente iguales, y como puede apreciarse en la figura 6.35 las diferencias entre los valores predichos por cada una de ellas para la misma edad en ningún caso distan más de 10 cm.

Realizando el test de Lakkis-Jones de homogeneidad de parámetros con las otras dos curvas ajustadas, se obtiene que no puede rechazarse la hipótesis nula de igualdad entre los parámetros de las curvas para un nivel de confianza del 95%, o sea que no se puede concluir que, dentro del rango de edades estudiado, las dos curvas testadas sean diferentes.

Sin embargo, estas curvas si se diferencian en el valor de la asíntota y en la existencia o no de punto de inflexión. La curva ajustada directamente a los datos de partida (Método de ajuste directo) tiene la asíntota a 10,5 m de altura y no presenta punto de inflexión, el mayor crecimiento anual en altura aparece el primer año de vida del árbol. Mientras que la curva



ajustada con el método de los “árboles extendidos” la asíntota a 9 m y su punto de inflexión aparece a los 6 años de edad.

Teniendo en cuenta los valores de altura de los árboles medidos, sus pautas de crecimiento en los últimos años estudiados y que al eliminar parte de los árboles, por la fuerte incidencia del ramoneo sobre ellos, se han quitado los árboles de mayor edad, se considera más adecuado el modelo ajustado directamente a los datos de partida.

Por tanto, la función de crecimiento en altura seleccionada no presenta punto de inflexión, y su asíntota está situada a una altura de 10,5 m aunque en el rango de edades en el que se ha ajustado la función solo se alcanza una altura algo superior a los 8 m.

Se observa en la figura 6.36 que la altura en la zona adehesada sigue las mismas pautas de los estratos mas densos, al contrario de lo que ocurría en el caso del diámetro. La eliminación de los chirpiales fuertemente ramoneados antes de realizar el ajuste puede ser la explicación de este hecho, en las zonas de menor espesura de las zonas densas es en las que menor incidencia tiene el ganado y su comportamiento podría asimilarse, según los resultados obtenidos a los chirpiales de la zona adehesada sobre los que no ha existido un fuerte ramoneo.

Dentro del rango de edades de los chirpiales en estas cepas sin competencia lateral de la zona adehesada, en las predicciones de altura del modelo ajustado no se ha producido aún el decaimiento del crecimiento en altura. Es posible, por tanto, que este hecho no se produzca hasta que la competencia entre los chirpiales de cepas colindantes limite el crecimiento de los mismos.

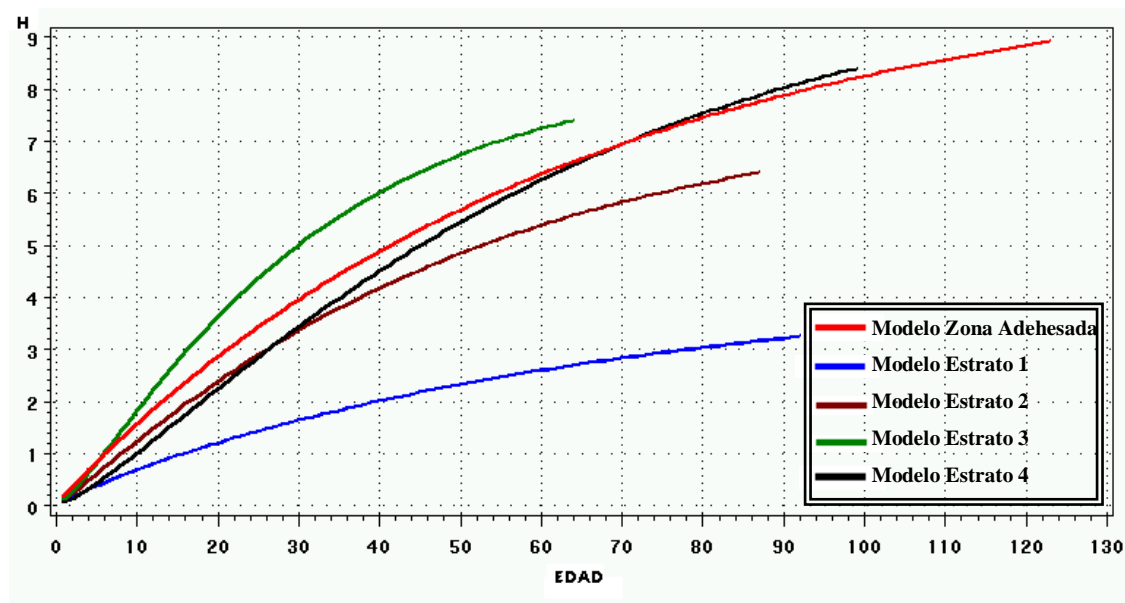


Figura 6.36. Representación gráfica de las curvas ajustadas a la altura (m) de los chirpiales de las cepas de la zona adehesada y de cada uno de los estratos de la zona densa.

En la figura 6.36 se puede observar la representación gráfica de los modelos de crecimiento en altura ajustados para cada una de las zonas de las acebedas. Todas estas curvas son significativamente diferentes dos a dos, excepto las de la zona adehesada y el estrato 4 de la zona densa. Estas dos zonas no se han agrupado en una sola ecuación por las diferentes pautas que presenta el crecimiento en altura en estas dos zonas.



6.3.5.2. Ajuste de funciones de crecimiento para las cepas.

6.3.5.2.1. Altura de las cepas.

En la figura 6.37 se han representado los datos de crecimiento en altura de las cepas utilizadas para el ajuste del modelo.

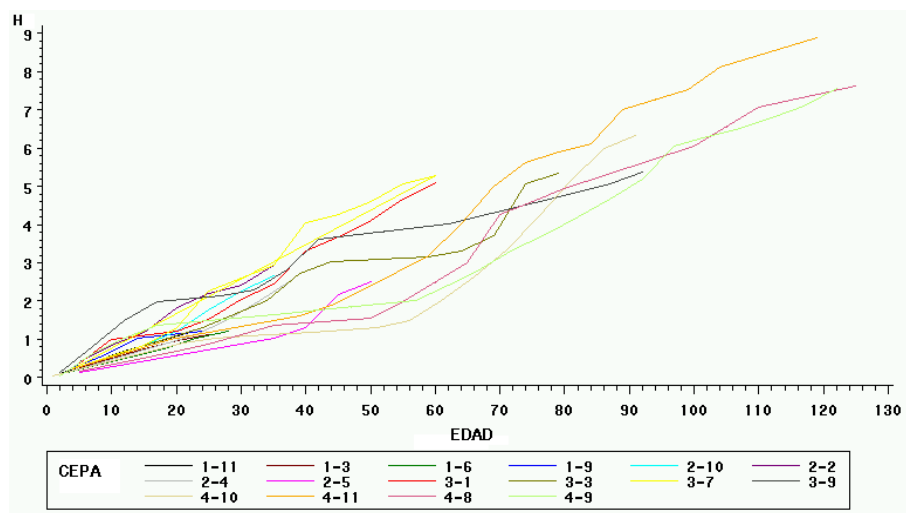


Figura 6.37. Series de datos de alturas observadas en las cepas sin competencia lateral de la zona adehesada.

En los apartados anteriores se ha visto que los ajustes mediante el método de los “valores medios” no da unos resultados satisfactorios, y que la heterogeneidad de los datos, al estar algunas de ellas dominadas por el ramoneo del ganado, bien sea actualmente o en el pasado, no permiten un buen ajuste mediante el método de los “valores extendidos”. Por eso, y teniendo en cuenta la estructura de estos datos (Figura 6.37), en este apartado solamente se ha realizado el ajuste del modelo de Richards según el método del “ajuste directo”. Los resultados estadísticos de todos los modelos ajustados a lo largo de este capítulo se recogen en el anexo 4.5.

En un principio se trató de ajustar el modelo de Richards conjuntamente a todos los datos obtenidos, pero al observarse que entre los 20 y los 60 años aparecen en las cepas dos tendencias de crecimiento claramente diferenciadas se decidió separarlas en dos grupos.

Por un lado, están aquellas cepas en las que durante los primeros años de su vida el crecimiento en altura ha sido muy pequeño o casi nulo ya que han crecido con un fuerte ramoneo del ganado, y por otro, las que por alguna circunstancia han crecido protegidas del ganado y no han sufrido este efecto antropozoogeno.

Las cepas fuertemente ramoneadas se han separado del resto, seleccionando aquellas cepas que a los 60 años de edad aún no alcanzaban los 2 m de altura.

En el grupo de cepas menos afectadas por la acción del ganado (“cepas libres de la acción del ganado”) se han eliminado además los datos de crecimiento de dos de ellas a partir los 40 años, edad en la que fueron trasmochadas.

Posteriormente, se ha tratado de modelizar el crecimiento de estos dos grupos de cepas por separado ya que cada uno de ellos responde a unas condiciones de desarrollo diferentes.

Los resultados obtenidos en los ajustes aunque con errores cuadráticos medios bajos, no son buenos. Las asíntotas se encuentran a alturas muy elevadas, que el acebo no llega nunca a alcanzar, y las curvas ajustadas infravaloran la altura de las cepas en sus primeros



años, sobre todo en las cepas fuertemente ramoneadas. Por ello, se restringió la altura de la asíntota a un máximo de 12 m solucionándose el primer problema pero no el segundo.

La acción antrópica del ganado sobre el acebo enmascara las pautas naturales de crecimiento de la especie y dificulta, en gran medida, la modelización de su crecimiento en altura al deformar las curvas de altura naturales de la especie con su característico retardo de la altura frente a la edad.

Analizando estas pautas de crecimiento de las cepas ramoneadas, se deduce que para lograr un ajuste adecuado de un modelo de crecimiento, es necesario que este sea siempre creciente, asintótico y que presente dos puntos de inflexión.

Las curvas de crecimiento que se utilizan en la actualidad no responden a estos requerimientos. Es matemáticamente muy complicado formular un modelo que cumpla estas condiciones sin que aparezcan otros efectos no deseados, por ello se ha descartado la búsqueda de curvas de este tipo.

Otra posible solución es realizar ajustes locales, pero con este método se pierde el sentido biológico de la modelización, no se definen unas pautas de crecimiento para la especie, sino simplemente se podrían realizar predicciones locales entorno a una determinada edad sin establecer una función de crecimiento global que responda a unas leyes biológicas.

Dado que el principal producto que se obtiene del acebo son sus ramillas para adorno navideño y que para este aprovechamiento no se considera adecuado la utilización de las cepas de pequeño tamaño independientemente de su edad, se ha decidido modelizar el crecimiento en altura de las cepas a partir del momento en que sus guías se liberan del ramoneo del ganado. Teniendo en cuenta los datos disponibles (Figura 6.33), se ha estimado que la liberación de las guías de las cepas del acebo se produce a los 1,5 m de altura.

Se han realizado tres ajustes con los datos a partir de 1,5 m, uno para cada uno de los grupos de cepas anteriormente definidos, cepas libres de la acción del ganado y cepas fuertemente ramoneadas, y otro con todas las cepas en conjunto. Para realizar estos ajustes se ha cambiado en la ecuación la edad (t) de la planta por su edad (t') a partir del momento de la liberación de sus guías de la acción del ganado.

O sea,

$$t' = t - t_{1,5}$$

donde, t , es la edad de la cepa,

t' , es la nueva edad definida, a partir de la liberación de la acción del ganado, y

$t_{1,5}$, es el tiempo que tarda cada cepa en llegar a 1,5 m, y por tanto liberarse de la acción del ganado.

Por tanto, el modelo ajustado responde a la formula siguiente:

$$h = A \cdot \left(1 - e^{-B \cdot t'}\right)^{1/C} = A \cdot \left(1 - e^{-B \cdot (t - t_{1,5})}\right)$$

El modelo ajustado a las cepas libres de la acción del ganado, sin trasmochar a partir de 1,5 m de altura tiene unas características similares a los ajustados para la masa densa, el punto de inflexión se produce 12 años después de liberarse de la acción del ganado y como puede observarse en la figura 4.137 en el anexo 4 no presenta síntomas de decaimiento del crecimiento dentro del rango de edades estudiado. La asíntota de esta curva se encuentra situada a una altura razonable para la especie, 11,12 m de altura, pero no se alcanza dentro del rango de edades estudiado.

El ajuste del modelo a las cepas ramoneadas a partir de 1,5 m de altura con un error cuadrático medio de 0,29 m presenta un ajuste adecuado a los datos, existe un buen equilibrio en la distribución de los datos, la mejor distribución de los residuos de los modelos probados y sin problemas aparentes de heterocedasticidad (Figura 6.118 del anexo 4).



La representación gráfica de la función ajustada para todo el conjunto de cepas junto con los datos utilizados para su ajuste (Figura 6.38) muestra un buen ajuste de la misma. El error cuadrático medio de este ajuste es de 0,48 m, valor más elevado que los anteriores pero dentro de un rango de error admisible. En este ajuste no se aprecian signos de heterocedasticidad y aunque los valores observados presentan una ligera desviación respecto de la diagonal, esta no es importante. Como ocurría en los modelos anteriormente ajustados, el test de independencia de los residuos de Durbin-Watson no es concluyente.

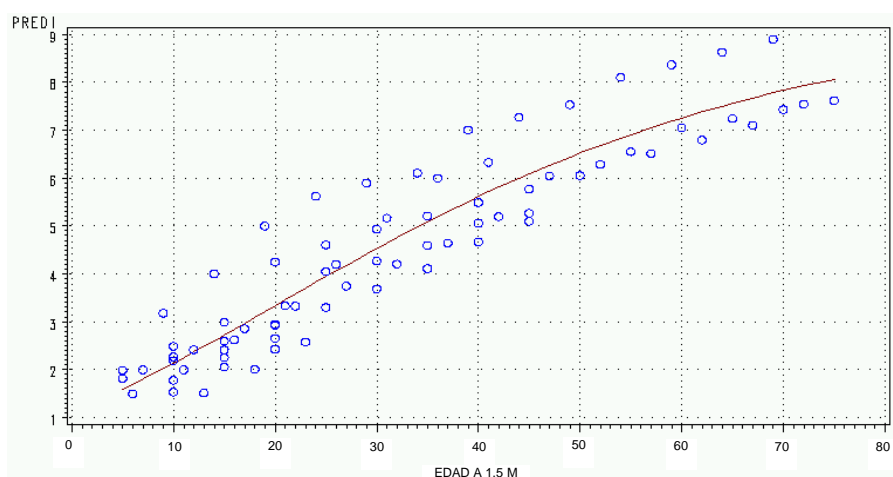


Figura 6.38. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento en altura acumulada (m) a partir de 1,5 m de altura de las cepas sin competencia lateral de la zona adhesada y de los datos utilizados para su ajuste.

Biológicamente la función ajustada responde a tasas de crecimiento anual coherentes con el crecimiento en altura de los troncos de la especie, su asíntota, a 9,45 m de altura, es perfectamente coherente con los valores observados en las acebedas, y presenta un punto de inflexión 14 años después de superar los 1,5 m, al liberarse del ramoneo del ganado, acorde con los valores obtenidos para el crecimiento máximo en altura en los crecimientos de los chirpiales en la zona densa, libres del ganado.

Mediante el test de homogeneidad de parámetros de Lakkis-Jones se ha estudiado la igualdad de los parámetros de las tres curvas ajustadas, para alturas mayores de 1,5 m por regresión no lineal a los datos de las cepas fuertemente ramoneadas y a las cepas libres de ramoneo con el conjunto de datos. En ambos casos, comparación del conjunto de los datos con cada uno de los grupos diferenciados, se ha obtenido el mismo resultado, no puede rechazarse la hipótesis nula de igualdad de los parámetros con $p=0,9578$ y $p=0,2874$ respectivamente.

Puede, por tanto, afirmarse que ambos grupos de datos no pertenecen a poblaciones diferentes, o sea, que independientemente de la edad a la que la cepa libere sus guías de la acción del ganado responden a la misma función de crecimiento en altura.

Y finalmente, se puede aceptar estadística y biológicamente la curva de crecimiento ajustada a la altura de las cepas para valores de 1,5 m utilizando como edad de la cepa la edad de la misma contando a partir del momento en que esta alcance los 1,5 m y sus guía se liberen del ramoneo del ganado.

6.3.5.2.2. Diámetro de copa de las cepas.

El tamaño de la copa de los árboles siempre se ha considerado como una medida fundamental de los mismos, estrechamente relacionado con su capacidad de crecimiento y



vigor (ASSMANN, 1970). Las características de la copa de un árbol determinan su superficie foliar activa, esta es el origen básico de la producción bruta de hormonas y fotosintatos, encargados a su vez de iniciar, controlar y mantener el crecimiento y desarrollo de los tejidos vivos (HASENAUER & MONSERUD, 1996).

En muchas de las ecuaciones de crecimiento de los modelos de tipo árbol individual, variables relacionadas con las dimensiones de la copa entran a formar parte de ellos, bien caracterizando al propio árbol, o bien integradas en los índices de competencia, o en las ecuaciones de mortalidad (al relacionar la copa de forma indirecta con el vigor del árbol).

Existen muchas variables, utilizadas en muy diversos modelos, ligadas al tamaño o la dimensión de la copa: volumen total de la copa, altura de la primera rama (viva, muerta), altura de la base de la copa viva, altura de la fase funcional, anchura máxima de la copa viva, puntos de inserción, longitudes y diámetros de ramas principales, etc (MEREDIEU, 1998).

Sin embargo, normalmente las variables que se manejan en modelos simples de gestión, son las referentes al tamaño global de la copa. Las variables relacionadas con dimensiones parciales de la misma, son propias de modelos con base ecofisiológica más complejos, que buscan estudiar y describir su desarrollo arquitectural, su evolución respecto al tronco, y la calidad de los productos maderables que se generan. Este no es el objeto del presente trabajo, por lo que nos limitaremos a establecer relaciones que predigan variables relacionadas con el tamaño total de copa viva.

En España no abundan trabajos que establezcan relaciones predictorias de las dimensiones de las copas de los árboles, respecto a otras variables. CAÑADAS (2000) en su modelo de producción de piña del *Pinus pinea* relaciona el diámetro de copa viva con las altura de la base de la copa y el diámetro normal. También PIHEIRO *et al.* (1984) y AYHAN (1973-4) relacionan el diámetro máximo de copa viva con el diámetro normal del árbol.

Mediante el estudio de las relaciones existentes entre las variables medidas de las cepas se ha detectado que existe una fuerte correlación lineal entre la altura de la cepa y el diámetro máximo de la copa, que recordemos se encuentra a ras de suelo en esta especie y coincide con el diámetro en la base de la copa. No se ha estudiado la relación entre el diámetro normal y las dimensiones de la copa, porque al estar compuestas las cepas por numerosos chirpiales esta relación pierde sentido biológico.

Se ha realizado un ajuste por regresión lineal mediante mínimos cuadrados que relacione el diámetro máximo de copa viva con la altura total de la cepa. Los resultados obtenidos son los siguientes:



Analysis of Variance					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob>F
Model	1	89.62524	89.62524	584.218	0.0001
Error	26	3.98868	0.15341		
C Total	27	93.61391			
Root MSE	0.39168	R-square	0.9574		
Dep Mean	3.45179	Adj R-sq	0.9558		
C.V.	11.34707				
Parameter Estimates					
Variable	DF	Parameter Estimate	Standard Error	T for H0: Parameter=0	Prob > T
INTERCEP	1	0.165706	0.15479767	1.070	0.2942
H	1	0.821593	0.03399142	24.171	0.0001

Figura 6.39. Resultados del ajuste lineal por mínimos cuadrados de una recta de regresión entre la altura y el diámetro basal de copa de las cepas libres de competencia lateral de la zona.

Este modelo presenta un coeficiente de determinación R^2 se eleva a 0,96 , valor que indica una muy buena bondad del ajuste. En la figura 6.40 se representa la recta ajustada junto con los datos utilizados para el ajuste.

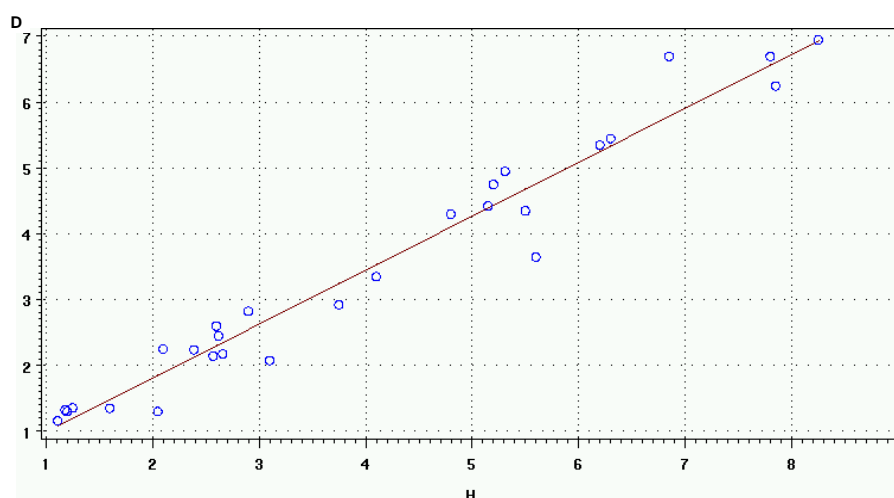


Figura 6.40. Representación gráfica de la recta ajustada al diámetro basal de copa de las cepas libres de competencia lateral de la zona adhesionada con los datos utilizados para su ajuste.

La comprobación de las hipótesis sobre las que se basa la regresión lineal se presenta y discute a continuación.

Una primera aproximación se obtiene de la observación de los gráficos de “valores predichos frente a valores observados” y de “residuos frente a valores predichos” (Figuras 6.41 y 6.42). En ellos, se aprecia una buena distribución de los puntos entorno a la diagonal, y de los residuos estandarizados en torno al cero. Se puede comprobar así mismo, que no existe heterocedasticidad a la vista del gráfico de residuos, y que visualmente no se aprecian problemas de correlación.

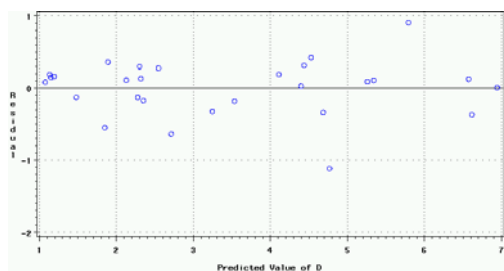


Figura 6.41. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichas por la misma (PREDI).

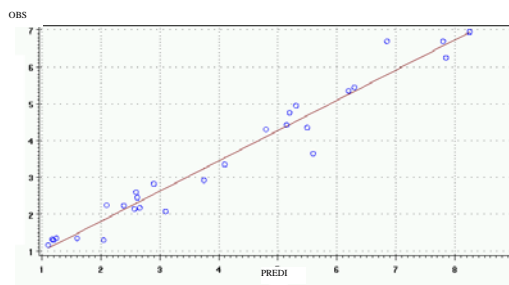


Figura 6.42 Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI).

La comprobación de las hipótesis de no correlación, homocedasticidad y normalidad de los residuos se han realizado a través de los test de Durbin-Watson, Levene y Shapiro-Wilk respectivamente. En los tres casos se comprueba que se cumplen estas hipótesis necesarias para la realización del ajuste.

También se ha estudiado la existencia de datos aberrantes y de puntos influyentes, obteniéndose que existen dos datos aberrantes, cuya eliminación no cambia sustancialmente el modelo ajustado, y la inexistencia de puntos influyentes.

Por otro lado, se ha realizado una comparación del modelo seleccionado con otro tipo de curvas ajustadas también por regresión lineal, y la recta anterior es la que mejor ajuste presenta.

6.3.6. Evaluación estadística, validación y ámbito de aplicación de los modelos.

La evaluación estadística de las funciones elegidas se ha ido realizando a lo largo del proceso de selección de los modelos. En los modelos ajustados para las cepas se ha incluido esta junto a sus correspondientes ajustes, y debido al escaso número de datos del que se dispone la validación de estos modelos queda pendiente para trabajos posteriores.

En las funciones seleccionadas para los chirpiales, los valores de los cuadrados medios residuales (MSE) son, en general, bajos; todos los parámetros resultan significativos al 95%; y no se presenta una excesiva correlación entre ellos. En el anexo 4 se resumen los resultados de los ajustes de los modelos seleccionados en cada zona y se encuentran los parámetros necesarios para calibrar la bondad del ajuste.

En los gráficos de los residuos frente a los valores predichos de cada modelo ajustado para la altura de los chirpiales se observa que la distribución de los residuos entorno al cero, aunque amplia, se muestra bastante uniforme, sin sesgos importantes, y sin presentar problemas de heterocedasticidad.

Sin embargo, en los modelos seleccionados para el diámetro de los chirpiales se hace más patente la existencia de cierta heterocedasticidad en los residuos. A pesar de ello, no se ha considerado conveniente la realización de cambios de variable para solucionar este problema, ya que los cambios de tipo logarítmico efectuados (que no se recogen en este trabajo para no aumentar más su extensión) no presentaban buenos ajustes a los datos de partida una vez desechos los cambios de variable realizados.

En los gráficos de valores predichos por los modelos frente a los valores medidos se observa, tanto para el diámetro como para la altura de los troncos, que la distribución de estos valores se reparte de forma más o menos uniforme en torno a la diagonal para casi todo el rango de valores, aunque su dispersión es algo mayor hacia las edades más avanzadas. No se



aprecian, en ninguno de los casos estudiados, desviaciones importantes de los residuos respecto de la horizontal.

El error cuadrático medio cometido en el ajuste de cada uno de los modelos se encuentra también en el anexo 4. En los modelos seleccionados para el diámetro estos valores se encuentran entre 15 y 25 mm, y para la altura entre 0,17 y 0,35 m. Estos valores no pueden, en ningún caso, considerarse demasiado elevados.

Finalmente, en cuanto a la hipótesis de independencia de los datos, en nuestro caso no era cierto con los datos de partida, pero el test de Durbin-Watson efectuado para los residuos del modelo definitivo ajustado no resulta concluyente. A la vista de los gráficos de residuos no parecen observarse disposiciones de los puntos que sugieran correlación entre ellos.

No ha sido posible guardar una muestra aparte para comparar y validar las curvas, por eso se realiza una autovalidación mediante una representación gráfica de los datos de partida junto a las curvas de cada modelo (Anexo 4), y otra dividiendo aleatoriamente el conjunto de datos utilizado para la realización del modelo en tres partes y calculando el error que se comete con uno de estos grupos de datos elegidos al azar.

La validación así realizada, engloba un grupo de datos suficientemente amplio que contiene además mediciones en situaciones bastante dispersas, y de esta manera asegura un buen comportamiento de los modelos en la mayor parte de las situaciones.

Tabla 6.8. Resultados de la autovalidación de los modelos ajustados al diámetro de los chirpiales.

Diámetro de los chirpiales				
Estrato	Cuadrados medios residuales		Error cuadrático medio (mm)	
	<i>Modelo</i>	<i>Autovalidación (1/3 Datos)</i>	<i>Modelo</i>	<i>Autovalidación (1/3 Datos)</i>
Zona densa	73.218,4	28.547,2	15,2	16,6
Sestiles zona densa	89.393,7	30.125,6	7,6	9,2
Zona adhesionada	10.030.769,46	3.257.843,68	25,3	18,1

Tabla 6.9. Resultados de la autovalidación de los modelos ajustados a la altura de los chirpiales.

Altura de los chirpiales				
Estrato	Cuadrados medios residuales		Error cuadrático medio (m)	
	<i>Modelo</i>	<i>Autovalidación (1/3 Datos)</i>	<i>Modelo</i>	<i>Autovalidación (1/3 Datos)</i>
Estrato 1	83,83	26,17	0,21	0,35
Estrato 2	345,99	123,80	0,17	0,27
Estrato 3	118,05	52,60	0,35	0,62
Estrato 4	741,62	282,71	0,33	0,55
Zona Adhesionada	16.107,26	5.875,92	0,10	0,24

Como se puede apreciar en las tablas 6.8 y 6.9, los errores cometidos en términos globales son pequeños, y en el caso de la altura, el error cuadrático medio no supera en ningún caso los 0,75 m, ni los 2 cm para el diámetro.

En primer lugar, es necesario recordar que el fin prioritario en la elaboración de estos modelos no es la predicción de la altura o el diámetro de los pies de acebo tras un determinado periodo de tiempo, según el modelo considerado. Y que, por tanto, los valores obtenidos de su aplicación deben considerarse como unos valores medios, indicativos del estrato, y que los errores cometidos para un árbol en su aplicación pueden ser elevados.

El ámbito de aplicación del modelo se circunscribe a aquellas masas de acebo homogéneas con la estudiada, tanto climática como ecológicamente, siempre que se encuentren comprendidas en el rango de edades y densidades avalado por los datos que se han utilizado para la elaboración de cada modelo.



Para obtener unos resultados correctos en la inferencia estadística con estos modelos es imprescindible su correcta aplicación, siempre dentro de su rango de valores. Por tanto, es importante recordar cuáles son los límites de aplicación de cada uno de los modelos y de sus correspondientes estratos (Tabla 6.10).

Tabla 6.10. Rango de aplicación de los modelos elaborados para los chirpiales.

	Densidad (Nº de pies/ha)	Edad	Altura de dosel (m)	Diámetro cuadrático medio (cm)
Estrato I	(55.000 , 36.000)	(1 , 92)	(3.45 , 5.90)	(3.0 , 6.9)
Estrato II	(36.000 , 26.000)	(1 , 87)	(2.90 , 7.70)	(3.9 , 9.2)
Estrato III	(26.000 , 19.000)	(1 , 66)	(5.15 , 9.50)	(5.1 , 8.5)
Estrato IV	(19.000 , 8.000)	(1 , 98)	(4.00 , 9.20)	(4.8 , 14.0)
Sestiles	Sestiles o cuerdas del ganado en las zonas densas			
Zona Adehesada	Cepas libres de competencia lateral en zonas sin espesura completa.			

En consecuencia, se recomienda utilizar los modelos para inferir solamente dentro de este rango de datos (Tabla 6.10), y realizar siempre una inspección visual de los datos frente a las predicciones de los modelos utilizados.

6.6. Resumen de los modelos de crecimiento ajustados.

En las tablas 6.11 y 6.12 se adjuntan las ecuaciones de las curvas ajustadas y el error cuadrático medio de cada modelo.

Tabla 6.11. Curvas ajustadas mediante el modelo de Richards por regresión no lineal con el método de Mardquart a la altura (m) y el diámetro (cm) de los chirpiales de cada una de las zonas estudiadas y su error cuadrático medio (ECM). Donde: d , es el diámetro normal (cm); h , es la altura total (m); y t es la edad del árbol.

Modelos de Crecimiento de los Chirpiales				
Zona de Aplicación	Altura (m)		Diámetro normal (cm)	
	Modelo	ECM	Modelo	ECM
Zona Densa. Estrato 1	$h = 4.4089 \cdot (1 - e^{-0.0136t})^{1/1.1047}$	0,21	$d = 12.73 \cdot (1 - e^{-0.0139t})^{1/0.8875}$	0,15
Zona Densa. Estrato 2	$h = 7.7092 \cdot (1 - e^{-0.0215t})^{1/0.8963}$	0,17		
Zona Densa. Estrato 3	$h = 8.4058 \cdot (1 - e^{-0.0371t})^{1/0.7674}$	0,35		
Zona Densa. Estrato 4	$h = 10.5043 \cdot (1 - e^{-0.0189t})^{1/0.7483}$	0,33	$d = 23.41 \cdot (1 - e^{-0.00816t})^{1/0.7329}$	0,08
Zona Densa. Sestiles				
Zona Adehesada	$h = 10.5065 \cdot (1 - e^{-0.0151t})^{1/1.0332}$	0,11	$d = 38.88525 \cdot (1 - e^{-0.0064t})^{1/0.8788}$	0,25

Tabla 6.12. Curvas ajustadas mediante el modelo de Richards por regresión no lineal con el método de Mardquart a la altura (m) y por regresión lineal al diámetro (cm) de las cepas de la zona adehesada y su error cuadrático medio (ECM). Donde: d , es el diámetro de copa (m); h , es la altura total (m); y t es la edad del árbol.

Modelos de Crecimiento de las Cepas		
Zona de	Altura (m)	Diámetro de copa (m)



Aplicación	Modelo	ECM	Modelo	R^2	ECM
Zona Adehesada	$h = 9,440992 \cdot (1 - e^{-0,03346 \cdot (t - t_{1,5})})^{1/0,970}$	0,48	$Dc = 0,165706 + 0,821593 \cdot h$	96%	0,39

7. BIOMASA



7. BIOMASA.

7.1. INTRODUCCIÓN.

Las ecuaciones de biomasa resultan especialmente interesantes para la ecología y la silvicultura puesto que permiten estimar existencias y producciones de las masas forestales. Son herramientas dasométricas básicas y fundamentales para la planificación y proyección de los aprovechamientos forestales con una aplicación directa y sencilla.

Existe un creciente interés en conocer la productividad biológica (productividad primaria) de los ecosistemas forestales a través del peso de las plantas y de este modo estudiar la posibilidad de mejorarla (ZAWITKOVSKI, 1971). PARDE (1980) señala entre las principales razones para estimar la biomasa de las masas forestales aquellas ligadas a la posterior utilización de la madera (industria papelera, leñas,...) y sus aplicaciones en investigación (balance del carbono, ingeniería genética,...).

Actualmente la mayoría de los estudios de biomasa están orientados hacia la productividad y ciclos de nutrientes y energía, aunque la estimación de las componentes de la biomasa de algunos árboles y arbustos también resulta interesante para los gestores forestales, ya que puede indicar el alimento para la fauna doméstica y silvestre, su combustibilidad e inflamabilidad, vigor, etc. (CAÑELLAS, 1993).

En este apartado se trata de conocer la cantidad y composición de la biomasa del acebo en las acebedas del Sistema Ibérico Norte, así como su variación con las condiciones del medio, fundamentalmente la densidad; y de elaborar unas ecuaciones que permitan estimar la biomasa en sus distintas fracciones a partir de variables fácilmente medibles del árbol, como son el diámetro normal o la altura total del árbol, para no restringir su aplicación.

Con estas ecuaciones se podría estimar la producción potencial de ramilla ornamental y de leña de estas masas, ya que un inventario tradicional en estos montes que no alcanzan grandes dimensiones de fuste y su producción principal no es la madera supone un conocimiento muy limitado de su potencialidad productiva.

7.2. METODOLOGÍA.

7.2.1. Selección y toma de muestras.

Se han utilizado las 16 cepas seleccionadas en la zona adehesada y 304 árboles procedentes de las mismas parcelas con las que se han desarrollado los modelos de crecimiento. En la zona adehesada se han utilizado todos los chirpiales con diámetro mayor de 5 cm de las cepas seleccionadas, en total 241, y en la zona densa se ha estudiado un total de 112 árboles. También en este estudio se han eliminado los árboles y/o parcelas que presentaban formas anormales en el crecimiento en altura debido a causas originadas por eventos extraordinarios.

La metodología de selección de los acebos ya se ha desarrollado en el capítulo dedicado al estudio de la estructura de la masa, en el apartado 6.2.1.

Este tamaño de muestra se considera en principio suficiente, comparándolo con otros elegidos para la elaboración de tablas ponderales para la estimación de la biomasa de



diferentes especies de *Quercus* (BENGOA, 1999; GONZÁLEZ DONCEL, 1988; TORRE, 1994; ART & MARKS, 1971; MONTEITH, 1979; TRITTON & HORNBECK, 1982).

Para cada árbol seleccionado, el proceso de las mediciones realizadas ha sido el siguiente:

- 1.- Medida en pie del diámetro normal con cinta π .
- 2.- Apeo con motosierra.
- 3.- Medida del diámetro de la base (tocón) con cinta π .
- 4.- Medida de la altura total del pie con cinta métrica del árbol apeado.
- 5.- Desrame, señalamiento y corta de trozas de dos metros de longitud para su transporte al Centro de Investigación.
- 6.- Fraccionamiento y pesado en verde de la totalidad de la biomasa clasificada en cada una de los componentes definidas.
- 7.- Separación y preparación de muestras para la estimación del peso seco.

El fraccionamiento del árbol realizado según las distintas componentes de la biomasa fue el siguiente (GONZÁLEZ DONCEL, 1988; TORRE ANTÓN, 1994; BENGOA, 1999):

- Leña gruesa: Fuste y ramas gruesas de diámetro con corteza mayor de 7 cm.
- Leña fina: Toda la leña con diámetro entre 7 y 2,5 cm (incluido el raberón del fuste entre estos diámetros).
- Chasca: Toda la leña de diámetro inferior a 2,5 cm (incluidas las hojas y el extremo superior del fuste, con menos de 2,5 cm de diámetro).

También se ha cuantificado la biomasa de hojas, ya que es un parámetro interesante a la hora de estudiar el vigor de los árboles. En las muestras tomadas para la estimación del peso seco de la chasca se separaron las ramillas, hojas y frutos para estimar el peso de cada una de estas partes, principalmente de las hojas. Se utilizaron un total de 114 muestras (64 de la zona adehesada y 50 de la zona densa) que comprendían entre 1 y 2 kg de peso en verde, aproximadamente el 1% del total de la chasca pesada.

El peso en fresco de cada una de las fracciones de biomasa definidas fue medido en el Centro de Investigación en una báscula de pesada máxima 100 kg y una precisión de ± 100 g. La báscula fue calibrada a diario mediante el pesado de muestras entre 250 g y 1 kg en la báscula y en una balanza de precisión 0,01 g. El error cometido en las pesadas se calcula que es inferior al 2%.

Para estimar el porcentaje de humedad de las distintas fracciones de la biomasa, se seleccionaron en cada zona estudiada algunas muestras de cada una de las fracciones de la biomasa que fueron pesadas en balanza de precisión (± 0.01 g) tanto en verde como en seco. Estas muestras se secaron en estufa a $105 \pm 1^\circ\text{C}$, hasta peso constante. Se pesó un total de 473 muestras de biomasa, 262 de la zona adehesada y 213 de la zona de espesura trabada. Los árboles se cortaron durante el otoño-invierno.

7.2.2. Cantidad y composición de la biomasa.

Se calculó y se comparó el porcentaje de humedad por separado de cada uno de los componentes de la biomasa y se estudiaron las diferencias existentes en el porcentaje de humedad entre cada uno de los componentes y en las diferentes zonas de la acebeda estudiadas.

Se realizó también un estudio estadístico descriptivo de la biomasa y cada uno de sus componentes, y un análisis de covarianza del peso verde de cada componente de la biomasa y



del total de la misma entre las dos zonas de la acebeda estudiadas y entre los estratos de la zona de espesura trabada, utilizándose la edad como covariable.

7.2.3. Ajuste de modelos.

Esta parte del estudio pretende tener un enfoque eminentemente práctico, que sirva al gestor para la ordenación de los recursos de estos montes. Por ello, el uso o destino que se adjudique a la biomasa será el que defina las variables independientes a cuantificar y que se utilizarán para el ajuste de los modelos de biomasa.

En las zonas de espesura trabada interesa la obtención de leñas, y por tanto, la biomasa total del árbol, la de leñas gruesas y la de leñas finas expresadas en peso fresco. Mientras que en la zona adehesada además de las leñas, interesa principalmente la chasca en peso fresco, que se utilizará para estimar la producción de ramilla ornamental.

Se construye además un modelo para las hojas, expresadas en peso fresco, en las dos zonas estudiadas dada su gran importancia e interés ecológico, al ser estas el principal órgano fotosintético de las plantas y estar por tanto íntimamente ligada con el vigor de las plantas.

Se realizarán estos modelos de biomasa, considerando cada chirpial individualmente en ambas zonas, y en la zona adehesada se ajustarán también modelos para las cepas.

Se ha tratado de trabajar con modelos y variables sencillos que permitan la aplicación práctica, de forma sencilla y directa, de los modelos ajustados. Trabajos anteriores con ecuaciones de biomasa y de volumen aseguran la validez de los modelos que utilizan el diámetro normal, por lo tanto esta fue la primera variable seleccionada. También se optó por la inclusión de la altura total en el modelo, ya que el uso posterior de las ecuaciones extendido a todas las acebedas con una variabilidad fuerte en cuanto a condiciones medioambientales se refiere, podría precisar de algún parámetro que refleje características intrínsecas de la masa (CAMPBELL *ET AL*, 1985), hecho que, en cierta medida ocurre con la altura, correlacionada con el índice de calidad o de sitio.

Según trabajos anteriores es conocida la falta de operatividad de los índices de densidad para el cálculo de las existencias en peso de las masas forestales (GONZÁLEZ DONCEL, 1988), por lo que no se introdujeron este tipo de variables en los modelos ensayados.

En la modelización de la biomasa de las cepas de la zona adehesada se utilizaron como variables independientes la altura de la cepa, el diámetro de copa y su perímetro a ras de suelo. La suma de secciones a 1,3 m de sus troncos, que sería el equivalente del diámetro normal de los chirpiales, no se ha utilizado porque la gran dificultad que supone su medición no permite su utilización práctica a nivel de gestión.

Se realizó una recopilación de los principales modelos de biomasa ensayados en especies con masas de características similares a estas acebedas, como por ejemplo diferentes especies de *Quercus*, masas de monte bajo irregulares que no alcanzan grandes dimensiones de fustes.

Se seleccionaron modelos que utilizan el diámetro y/o la altura, así como su producto y/o potencia en ecuaciones alométricas, polinómicas, potenciales o exponenciales (GONZÁLEZ DONCEL, 1988; CAÑELLAS, ; SAN MIGUEL *ET AL*, 1988; SAN MIGUEL *ET AL*, 1992; BENGUA, 1999). Por coherencia con su significado biológico en todos ellos se ha considerado que la ordenada en el origen es cero. Los modelos utilizados, todos ellos linealizables, han sido los siguientes:

$$\text{Modelo 1.} \quad Y = a \cdot H^b \cdot D^c$$

$$\text{Modelo 2.} \quad Y = a \cdot e^{b \cdot H + c \cdot D}$$

$$\text{Modelo 3.} \quad Y = a \cdot D + b \cdot D^2 + c \cdot D^3$$



- Modelo 4. $Y = a \cdot H + b \cdot H^2 + c \cdot H^3$
 Modelo 5. $Y = a \cdot D \cdot H^2 + b \cdot (D \cdot H^2)^2 + c \cdot (D \cdot H^2)^3$
 Modelo 6. $Y = a \cdot D^b$
 Modelo 7. $Y = a \cdot H^b$
 Modelo 8. $Y = a \cdot e^{b \cdot H}$
 Modelo 9. $Y = a \cdot e^{b \cdot D}$
 Modelo 10. $Y = a \cdot (D \cdot H)^b$
 Modelo 11. $Y = a \cdot (H \cdot D^2) + bH$
 Modelo 12. $Y = a \cdot H + b \cdot H^2 + c \cdot H^3 + d \cdot D + e \cdot D^2 + f \cdot D^3,$

donde, Y es la variable que se desea estimar,

D es el diámetro normal,

H es la altura del árbol, y

a, b, c, d, e y f son los parámetros a ajustar.

También, se probaron algunas otras combinaciones de estas mismas ecuaciones intercambiando las variables del diámetro y la altura, o suprimiendo alguno de los sumandos existentes en ellas, pero no se obtuvieron buenos resultados por lo que no se han recogido.

Se realizó una primera aproximación para obtener una idea de la relación existente entre las variables dependientes e independientes estudiadas mediante su matriz de correlaciones.

El problema de heterocedasticidad y falta de normalidad que aparece en todo este tipo de modelos con las variables de biomasa generalmente se soluciona con la transformación logarítmica de las variables, y además, según GONZÁLEZ DONCEL (1988) suele existir mayor correlación entre estas nuevas variables que en las de partida. Por ello, se estudió también la matriz de correlación del logaritmo de las variables anteriores. En las leñas gruesas se han excluido los árboles con un diámetro inferior a 7 cm en la base, que obviamente no poseen leña gruesa, evitándose así problemas con logaritmos de números negativos o nulos.

Si un modelo lineal consigue representar adecuadamente la realidad, siempre es preferible a un modelo no lineal que, normalmente será menos potente y de más compleja manipulación, no pudiendo establecer intervalos de confianza al hacer inferencia. Tomando logaritmos en los modelos 1, 2, 6, 7, 8, 9 y 10 se consigue la linealización de estos modelos pudiendo así proceder a su ajuste por regresión lineal, facilitándose así en gran medida su comparación con el resto de los modelos ajustados.

El ajuste de los modelos se ha realizado por el método de mínimos cuadrados ordinarios y la significación de los parámetros obtenidos en las regresiones fue analizada por el test de la T de Student.

La selección de los mejores modelos se ha efectuado siguiendo los criterios de los mínimos cuadrados medios residuales y la adecuada distribución de los residuos. A igualdad de ambos, se han aceptado los modelos con menor número de parámetros, las expresiones más sencillas y las de mayor significado biológico.

Cuando la variable explicada no es la biomasa sino una función suya, para obtener una expresión que proporcione el peso de biomasa correspondiente a cada valor de las variables dependientes es necesario deshacer la transformación. Es ampliamente conocido que al deshacer la transformación logarítmica el valor medio transformado no proporciona el valor medio de la biomasa sino la moda, es decir, el valor más frecuente. CUNIA (1979) ha desarrollado una metodología para realizar la corrección necesaria para estimar la media. Se



realizarán las transformaciones señaladas por este autor al transformar a unidades aritméticas las variables logarítmicas de las ecuaciones seleccionadas que se elaboran con fines productivos.

CUNIA & BRIGGS (1984, 1985¹, 1985²; citados en BENGUA, 1999) advierten sobre el hecho de que, cuando se elaboran ecuaciones de estimación para distintas fracciones del árbol, estas deben ser coherentes, en el sentido de que si una de las fracciones contiene a otra, la cuantía de la primera debe ser, en todos los casos, igual o mayor que la segunda.

Otra circunstancia que puede ocurrir es que si se obtienen ecuaciones de estimación de biomasa para distintas fracciones por separado (cuya suma es la biomasa total), la suma de dichas ecuaciones puede no proporcionar el mejor estimador de la biomasa total. De hecho, esta forma de estimar la biomasa total da estimaciones diferentes de las que se obtendrían ajustando una ecuación para toda la biomasa conjuntamente.

CUNIA & BRIGGS (1984, 1985¹, 1985²) y REED & GREEN (1985) analizan estos fenómenos y recomiendan diferentes técnicas para evitar los problemas asociados a este fenómeno (citados en BENGUA, 1999). BENGUA (1999) propone otra posible solución más sencilla que las anteriores que es estimar una de las fracciones de la biomasa como diferencia entre la biomasa total y el resto de las fracciones estudiadas, salvando ciertos inconvenientes existentes. Se ha estudiado este problema de coherencia de las estimaciones utilizándose diferentes soluciones según las zonas de la masa consideradas.

Al igual que en el resto de esta Tesis para todo el estudio estadístico, se usó el programa estadístico SAS©.

7.3. RESULTADOS.

7.3.1. Características de la muestra.

En las tablas 7.1 y 7.2 y los histogramas de las figuras 7.1 y 7.2 se muestran los diámetros, alturas y edades de los árboles en cada zona estudiada y su distribución por clases diamétricas, de altura o edad.

Tabla 7.1. Valores máximo, medio, mínimo y percentiles del 95% y 5% de la altura, diámetro en la base, diámetro normal y edad de los árboles de la muestra utilizada para el estudio de la biomasa en la zona densa.

	Máximo	Percentil 95%	Media	Percentil 5%	Mínimo
Diámetro normal (cm)	16.7	11.5	5.5	1.6	0.9
Diámetro basal (cm)	28.3	16.9	7.2	3.0	1.6
Altura (m)	8.45	7.62	4.8	2.35	1.65
Edad	99	92	57	32	26

Tabla 7.2. Valores máximo, medio, mínimo y percentiles del 95% y 5% de la altura, diámetro en la base, diámetro normal y edad de los árboles de la muestra utilizada para el estudio de la biomasa de la zona adhesada.

	Máximo	Percentil 95%	Media	Percentil 5%	Mínimo
Diámetro normal (cm)	32.0	18.1	7.6	1.9	1.0
Diámetro basal (cm)	34.5	36.5	9.61	2.3	1.9
Altura (m)	8.9	7.75	4.1	2.8	0.9
Edad	122	101	39	12	5

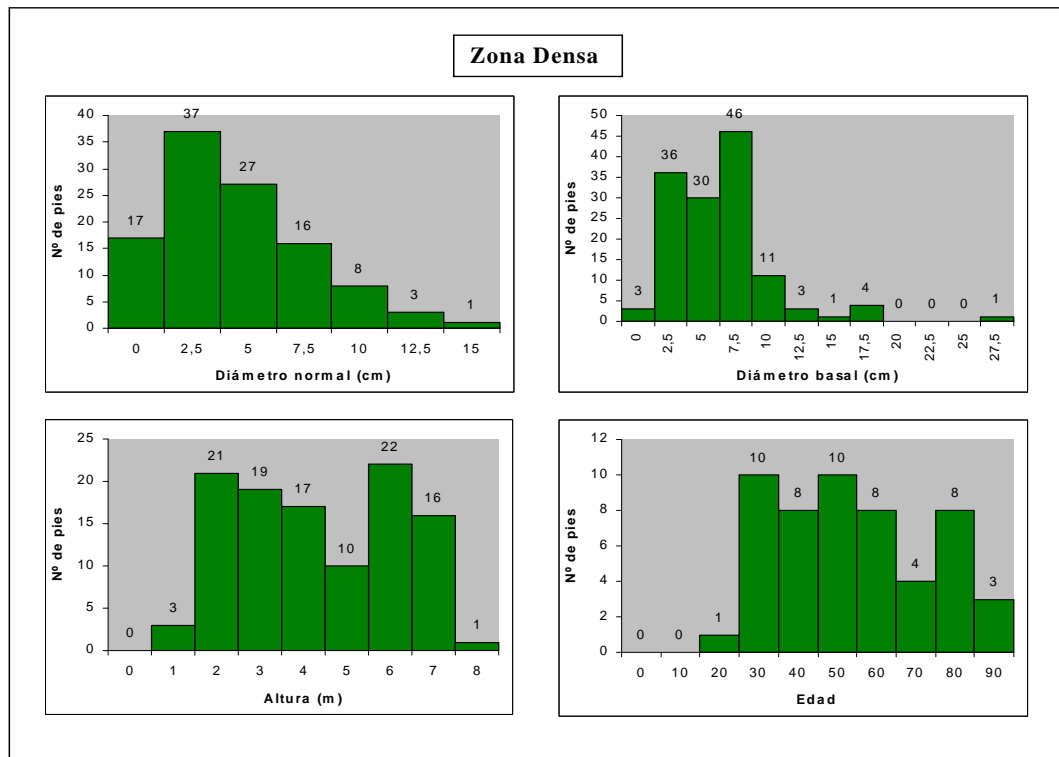


Figura 7.1. Histogramas que representan el número de pies correspondiente a cada intervalo diamétrico, de altura y edad respectivamente de la muestra de árboles utilizada para el estudio de la biomasa en la zona densa.

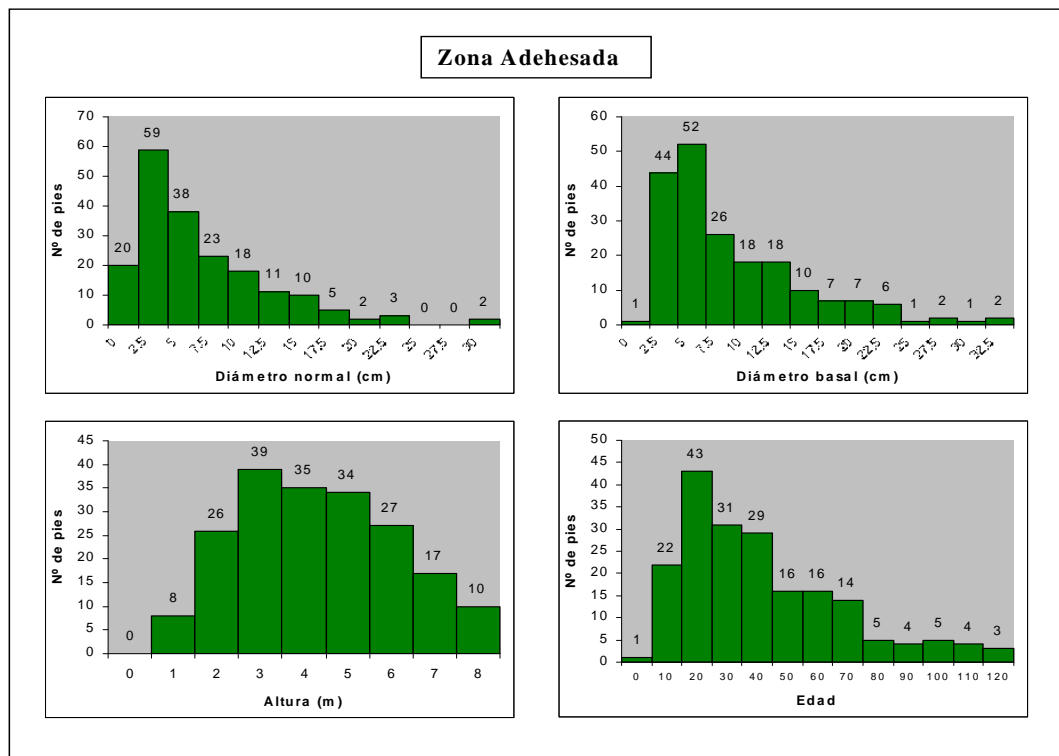


Figura 7.2. Histogramas que representan el número de pies correspondiente a cada intervalo diamétrico, de altura y edad respectivamente de la muestra de árboles utilizada para el estudio de la biomasa de los chirpiales de la zona adhesada.



En la tabla 7.3 y la figura 7.3 se representan los histogramas de las principales características de las cepas seleccionadas en la zona adehesada.

Tabla 7.3. Valores máximo, medio, mínimo y percentiles del 95% y 5% de la altura, perímetro, diámetro normal y edad de la muestra de árboles utilizada para el estudio de la biomasa de las cepas de la zona adehesada.

	Máximo	Percentil 95%	Media	Percentil 5%	Mínimo
Diámetro copa (m)	6.95	6.95	3.6	1.2	1.2
Perímetro (m)	22.0	22.0	11.5	4.0	4.0
Altura (m)	8.25	8.25	4.2	1.1	1.1
Edad	122	122	63	8	8

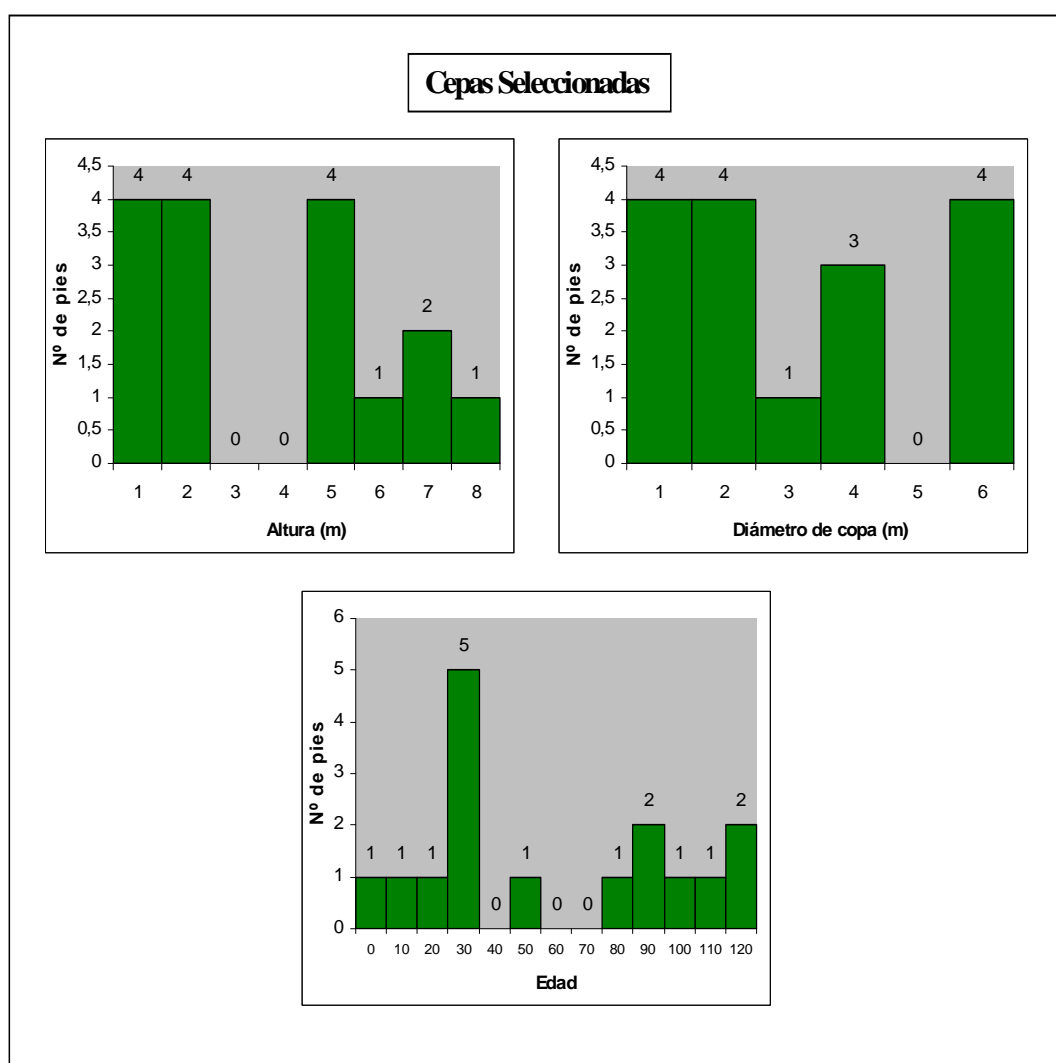


Figura 7.3. Histogramas del número de pies correspondiente a cada intervalo diamétrico, de altura y edad de la muestra de árboles utilizada para el estudio de la biomasa de las cepas de la zona adehesada.

7.3.2. Contenido de humedad de la biomasa.

En el análisis de varianza realizado solamente las hojas y los frutos presentan un porcentaje de humedad significativamente superior al resto de las componentes de la biomasa



($\alpha > 95\%$), siendo además en la zona adehesada significativamente diferentes entre sí, mientras que en la zona densa no.

No se han encontrado diferencias significativas en el porcentaje de humedad entre los estratos definidos en la zona densa para ninguna de los tipos de biomasa, ni tampoco entre los lotes de la zona adehesada ($\alpha > 95\%$). Sin embargo, entre la zona densa y la adehesada aparece una interacción cuantitativa significativa entre el tipo de biomasa considerado y la zona estudiada, aunque se puede afirmar que en todos los casos, el contenido en humedad de cada una de las fracciones de la biomasa en la zona adehesada es superior al de la zona densa, sin existir diferencias significativas para las hojas aunque sí para todas las demás ($\alpha > 95\%$).

En la tabla 7.4 se recogen la relación entre el peso seco y el peso fresco y los porcentajes de contenido de humedad respecto a cada uno de ellos.

Tabla 7.4. Relación entre el peso fresco (PV) y el peso seco (PS) y porcentajes de humedad en función del peso fresco y del peso seco de las distintas fracciones de la biomasa en las dos zonas significativamente diferentes de la acebeda ($P < 0,05$).

Fracción de la Biomasa	Zona Adehesada			Zona Densa		
	PS/PV	% Humedad respecto al PV	% Humedad respecto al PS	PS/PV	% Humedad respecto al PV	% Humedad respecto al PS
Leña Gruesa	0.5180	48.2%	93.1%	0.5630	43.7%	77.6%
Leña Fina	0.5200	48.0%	92.3%	0.5630	43.7%	77.6%
Chasca	0.5050	49.5%	98.0%	0.5350	46.5%	86.9%
Ramillas	0.5100	49.0%	96.1%	0.5450	45.5%	83.5%
Hojas	0.4850	51.5%	106.2%	0.4880	51.2%	104.9%
Frutos	0.4250	57.5%	135.3%	0.4930	50.7%	102.8%

7.3.3. Cantidad y estructura de la biomasa.

De acuerdo con las características de los principales aprovechamientos del acebo, los cuales se cuantifican en peso fresco, y existiendo para todas las fracciones de la biomasa un coeficiente de correlación de Pearson entre el peso verde y el peso seco de 0,99 ($P < 0,0001$) se utilizará solamente el peso verde para trabajar a lo largo del resto del estudio. En la tabla 7.4 se recogen los factores que permiten la conversión de los valores de peso verde de cada fracción de la biomasa en peso seco para cada zona.

El estudio de la biomasa y sus componentes mediante un análisis de covarianza del peso verde entre las dos zonas de la acebeda estudiadas ha mostrado en todos los casos, excepto en la biomasa de ramas, que existe una cantidad de biomasa significativamente mayor en los árboles de la zona adehesada independientemente de su edad ($\alpha > 95\%$). La cantidad de ramas que componen la biomasa sigue siendo mayor en la zona adehesada que en la densa, pero no significativamente.

En el estudio de las diferencias significativas entre los estratos de la zona densa se obtienen resultados diferentes según la fracción de biomasa de la que se trate. Pero es común a todas ellas la existencia de diferencias significativas entre el peso verde de la biomasa del estrato 1 y todos los demás. La cantidad de biomasa de los chirpiales en el estrato más denso es significativamente menor que en el resto de la zona densa ($\alpha > 95\%$).

En la tabla 7.5 se muestra la agrupación de los estratos realizada mediante el test de Tukey para cada una de las fracciones de la biomasa estudiada.



Tabla 7.5. Agrupación de los estratos según las diferencias significativas que aparecen para el peso verde de biomasa de cada una de las componentes consideradas de los chirpiales de la zona densa según el test de Tukey ($\alpha > 95\%$). (Los estratos unidos por una línea horizontal no presentan diferencias significativas entre sí).

Fracción de Biomasa	Agrupación de Estratos
Biomasa Total	<u>4 3 2</u> 1
Hojas	<u>4 2 3</u> 1
Ramillas	<u>4 3 2</u> 1
Frutos	<u>4 2 3</u> 1
Chasca	<u>4 3 2</u> 1
Leña Fina	<u>3 4 2</u> 1
Leña Gruesa	<u>4 3 2</u> 1

A la vista de estos resultados y estudiando los valores medios de los datos de cada fracción de la biomasa, los estratos 2, 3 y 4 se considerarán agrupados de aquí en adelante.

Para estudiar la proporción respecto a la biomasa total que supone cada una de las fracciones de biomasa estudiadas se han dividido los datos en tres clases de edad: hasta 39 años, de 40 a 89 años de edad y mayores de 90 años. En los gráficos de la figura 7.4 puede verse la composición de la biomasa de un árbol medio de la zona adhesada y de cada uno de los grupos definidos en la zona densa para las edades consideradas.

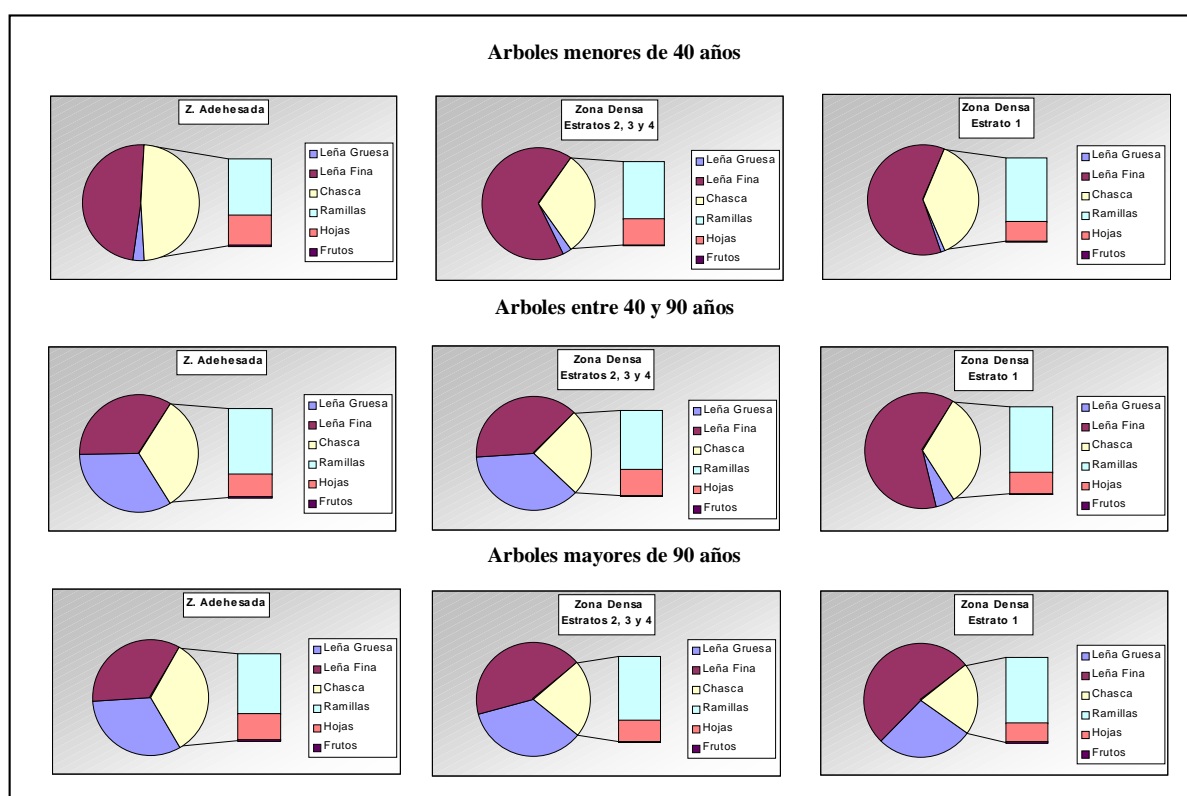


Figura 7.4 Composición media de la biomasa de los chirpiales en cada una de las zonas definidas para el estudio de la biomasa según su edad. En el gráfico principal se incluyen los porcentajes de leña gruesa, leña fina y chasca en la biomasa total del árbol, y en el secundario el porcentaje de hojas, ramillas y frutos en la chasca.

Puede observarse en los gráficos anteriores (Figura 7.4) que tanto el porcentaje de leña fina como el de chasca disminuyen con la edad del árbol, mientras que el de leña gruesa va aumentando. Esta variación es mayor en los árboles de los estratos menos densos y en la zona adehesada.

Sin embargo, se aprecia también en ellos (Figura 7.4) que la proporción de hojas que componen la chasca es muy similar en todas las zonas y se mantiene casi constante con la edad del árbol.

Destaca también, que la proporción de chasca de la biomasa total se mantiene muy similar a partir de los 40 años en los tres grupos de árboles a lo largo del tiempo, pero con un porcentaje mayor en la zona adehesada.

A pesar de que su cantidad de biomasa es relativamente elevada, el acebo no presenta la apariencia de un crecimiento vigoroso, esto puede ser debido a que la biomasa de los troncos es baja frente a la elevada proporción de materia seca que utiliza en la producción de hojas, que en definitiva se pierde del crecimiento de tronco y ramas.

Se deduce de los resultados anteriores que el acebo posee una cubierta muy pesada sustentada por una cantidad de biomasa (leña gruesa) muy pequeña, esto es más notable cuanto más densa es la masa. Además, según PETERKEN & NEWBOULD (1969) la productividad de biomasa del acebo es muy elevada, superior a la mayoría de las frondosas caducifolias de climas templados y comparable con algunas coníferas en suelos fértiles, con una media anual de 12,5 t/ha.

7.3.4. Ajuste de modelos.



7.3.4.1. Datos de partida.

En las figuras 7.5 y 7.6 se muestra la distribución de los datos del peso verde de cada fracción de la biomasa en cada zona estudiada respecto al diámetro de copa en el caso de las cepas de la zona adhesionada, y frente al diámetro del tronco para los chirpiales.

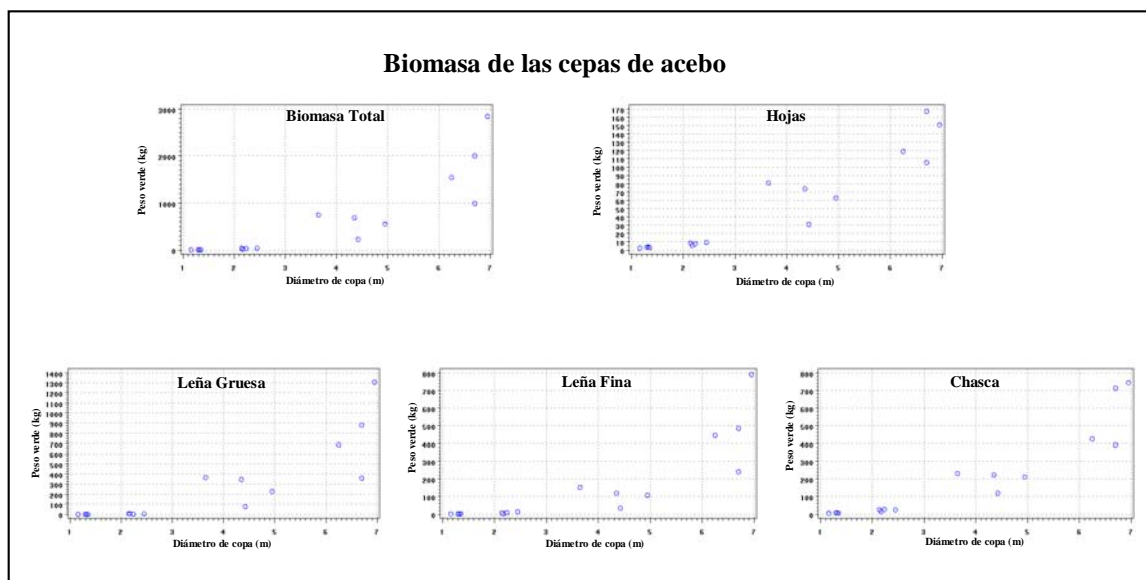


Figura 7.5. Peso verde (kg) de cada una de las fracciones de la biomasa frente al diámetro de copa (m) de las cepas.

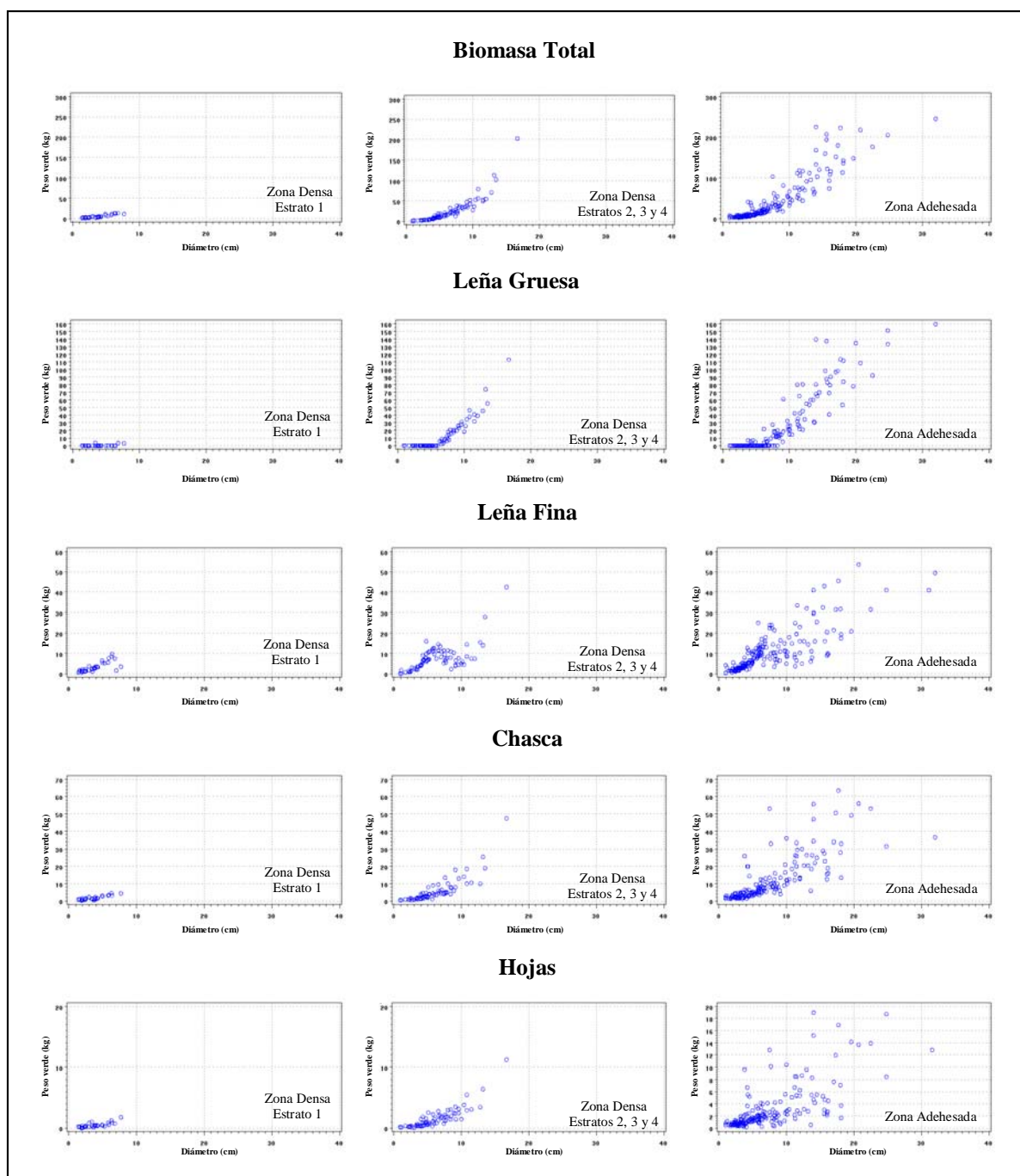


Figura 7.6. Peso verde (kg) de cada una de las fracciones de la biomasa frente al diámetro normal (cm) de los chirpiales de cada zona.

En el estudio de correlación entre las variables dependientes e independientes que se van a utilizar en los modelos, tanto para los chirpiales como para las cepas, se han obtenido fuertes relaciones de correlación ($P > 0,0001$) con coeficientes de correlación muy elevados, superior a 0,9 generalmente. En la tabla 7.6 se recogen a grandes rasgos las correlaciones más importantes, en el anexo 5.1 se incluyen las correlaciones más sobresalientes para cada fracción de la biomasa.



Tabla 7.6. Variables independientes utilizadas en los modelos de biomasa que presentan mayores coeficientes de correlación de Pearson con las variables dependientes de los modelos de biomasa ($P < 0,0001$). Ln (), es el logaritmo neperiano; d, es el diámetro del tronco de los chirpiales; d_c , es el diámetro de copa de las cepas; y h es la altura total, tanto de las cepas como de los chirpiales.

Chirpiales				Cepas											
Peso Verde-Peso Seco		Ln (Peso Verde)-Ln (Peso Seco)		Peso Verde-Peso Seco		Ln (Peso Verde)-Ln (Peso Seco)									
d ²	d	hd ²	ln(d)	ln(d)	ln(hd)	ln(hd ²)		h ³	h ²	hd _c ²	hd _c	h	ln(h)	ln(hd _c)	ln(p)

7.3.4.2. Modelos seleccionados para los chirpiales.

En este apartado, se presentan con detalle solamente los modelos seleccionados para cada fracción de la biomasa en cada zona considerada, puesto que la presentación del resto de los modelos probados resultaría demasiado extensa. Al discutir los motivos por los que se selecciona un determinado modelo, se hará referencia también a otros modelos probados, aunque sin profundizar en el ajuste de los mismos.

Según los resultados de los análisis de covarianza de las diferentes componentes de la biomasa realizados, se han definido tres zonas significativamente diferentes para el ajuste de los modelos:

- Zona adhesada.
- Estrato1 de la zona densa.
- Estratos 2, 3 y 4 de la zona densa.

En cada una de ellas se ha ajustado una ecuación independientemente de las demás para cada fracción de la biomasa. Aunque se ha intentado homogeneizar el tipo de ecuación seleccionada para cada fracción de la biomasa en las tres zonas.

En todos ellos se ha comprobado que se cumplen las hipótesis de normalidad, independencia, media cero y varianza constante de los residuos.

En el anexo 5 se incluyen los resultados del ajuste de todos los modelos de biomasa seleccionados en cada una de las zonas consideradas. Para cada uno de ellos se incluyen la tabla del análisis de varianza del ajuste, su coeficiente de determinación, su coeficiente de determinación ajustado, su error standard, su error medio total, los estimadores de los coeficientes del modelo, los de sus respectivas desviaciones típicas y su grado de significación. Además, se adjunta para cada modelo, su representación gráfica y su intervalo de confianza al 95% de probabilidad junto con los datos utilizados para el ajuste, y los gráficos de los residuos frente a los valores predichos por el modelo y los valores observados frente a los predichos.

7.3.4.2.1. Biomasa Total

Las variables independientes que mejores ajustes presentan para el logaritmo del peso verde de la biomasa total son el diámetro (d) y el diámetro al cuadrado (d^2). También se logran buenos ajustes con el producto de la altura con el diámetro (hd) y con el producto de la altura con el diámetro al cuadrado (hd^2). Los modelos en los que se utiliza solamente la altura (h) como variable independiente presentan peores ajustes, sus coeficientes de determinación descienden del 90-95% de los anteriores a tan sólo un 70% de variabilidad explicada.

Los modelos en los que se utilizan varias variables independientes, por ejemplo diámetro y altura o su producto, no mejoran los ajustes de los modelos anteriores, siendo normalmente significativo solamente el diámetro y sus potencias.



Los modelos que mejores resultados presentan son los modelos alométricos en d o d^2 , y los exponenciales con polinomios del diámetro en el exponente. Estos modelos funcionan bien en las tres zonas consideradas para el estudio de la biomasa, con mejores ajustes, en general, para la zona densa que para la adehesada.

Se ha seleccionado el mismo tipo de modelo en las tres zonas al ser el que presentaba el mejor ajuste en dos de ellos, la zona adehesada y los estratos 2, 3 y 4 de la zona densa, y estar entre los mejores en la otra zona estudiada. Su ecuación es la siguiente:

$$\ln(pv) = a + b \cdot d + c \cdot d^2 + e \cdot d^3$$

donde: $\ln(pv)$ es el logaritmo neperiano del peso verde de la biomasa total,

d es el diámetro normal del árbol, y

a , b , c y e son los parámetros de la ecuación.

En la tabla 7.7 se incluyen las ecuaciones de los modelos seleccionados para cada zona.

Tabla 7.7. Ecuaciones de los modelos ajustados a la biomasa total de los chirpiales para las zonas definidas. Donde: $\ln(pv)$, es el logaritmo neperiano del peso verde, con el peso verde en kg; d , es el diámetro normal (cm); y h , es la altura total (cm).

Zona de Aplicación	Ecuación del modelo
Z. Densa. Estrato 1	$\ln(pv) = 0,658619 + 0,182789d^2 - 0,257876d - 0,0153721d^3$
Z. Densa. Estratos 2, 3 y 4	$\ln(pv) = -1,62297 + 1,23659d - 0,0999297d^2 + 0,00307289d^3$
Zona Adehesada	$\ln(pv) = 0,221148 + 0,551677d - 0,0204764d^2 + 0,00026182d^3$

7.3.4.2.2. Leña Gruesa.

Para esta fracción de la biomasa no existe modelo en el estrato 1 de la zona densa, los valores de los diámetros de los chirpiales encontrados en esta zona son tan pequeños que solo en tres de ellos existía leña gruesa.

En el resto de la zona densa (estratos 2, 3 y 4), los modelos que mejores ajustes presentaban para el logaritmo neperiano del peso verde eran los polinómicos con dos entradas: altura (h) y diámetro (d). Su coeficiente de determinación ajustado estaba entorno al 95%. El que mejor ajuste presentaba con todos sus coeficientes significativos era $\ln(pv) = a + b \cdot d + c \cdot d^2 + e \cdot d^3 + f \cdot h^2$.

También se lograron buenos ajustes con la variable hd^2 y sus polinomios, aunque con un coeficiente de determinación más bajo, entorno al 90%, seguida de hd y $1/d^2$. La altura por sí sola no explicaba más que un 50% de la variabilidad aunque en este caso sí resulta significativa en los modelos polinómicos en los que se incluye.

En la zona adehesada, el porcentaje de variabilidad explicada por los modelos es, en general, más bajo encontrándose entorno al 90%. Pero existen gran cantidad de modelos con coeficientes de determinación muy parecidos. Entre ellos se encuentran los siguientes: $\ln(pv) = a + b \cdot \ln(d)$, $\ln(pv) = a + b \cdot \ln(d) + c \cdot \ln(h)$, $\ln(pv) = a + b \cdot hd^2 + c \cdot (hd^2)^2$, $\ln(pv) = a + b \cdot hd^2$ y $\ln(pv) = a + b \cdot d + c \cdot d^2 + e \cdot h$. Siendo este último el que mejor distribución de los residuos presentaba y teniendo en cuenta su similitud con el seleccionado en la zona densa, finalmente fue el modelo seleccionado.

En la tabla 7.8 se incluyen las ecuaciones de los modelos seleccionados para cada zona.



Tabla 7.8. Ecuaciones de los modelos ajustados a la leña gruesa de los chirpiales para las zonas definidas. Donde: $\ln(pv)$, es el logaritmo neperiano del peso verde, con el peso verde en kg; d , es el diámetro normal (cm); y h , es la altura total (cm).

Zona de Aplicación	Ecuación del modelo
Zona Densa. Estratos 2, 3 y 4	$\ln(pv) = -7,88849 - 0,159324d^2 + 0,190947h + 0,00407869d^3 + 2,18332d$
Zona Adehesada	$\ln(pv) = -0,783627 + 0,401644d + 0,00114315h - 0,0082942d^2$

7.3.4.2.3. Leña Fina.

El ajuste de los modelos para la leña fina es el que mayor dificultad presenta ya que, como puede observarse en la figura 7.6, el peso verde de leña fina de los acebos disminuye para los troncos de diámetros entre 6 y 12 cm aproximadamente. Esta anomalía se debe a que en estos diámetros el paso de la biomasa de leña fina a leña gruesa al engrosarse el árbol es más rápido que la incorporación de biomasa nueva.

Debido a esta singularidad de la leña fina, sus modelos de producción de biomasa son más complicados que para el resto de las componentes de la biomasa. En las tres zonas estudiadas se ha seleccionado el mismo tipo de modelo aunque con diferentes términos. Todos ellos son funciones polinómicas de la altura, el diámetro y sus potencias, respondiendo a una ecuación del tipo:

$$\ln(pv) = a + b \cdot d + c \cdot d^2 + e \cdot d^3 + f \cdot h + g \cdot h^2 + i \cdot h^3$$

donde $\ln(pv)$ es el logaritmo neperiano del peso verde,

d es el diámetro normal,

h es la altura total, y

a, b, c, e, f, g e i son los parámetros de la ecuación.

En los estratos 2, 3 y 4 y en la zona adehesada, el resto de los modelos probados tenían coeficientes de determinación mucho menores, entorno al 50 y el 70% respectivamente, y no presentaban un buen ajuste a los datos, principalmente en el intervalo entre los 6 y 12 cm de diámetro.

En el estrato 1, los coeficientes de determinación del resto de los modelos probados eran más altos, entorno al 80%, pero tampoco seguían la tendencia de los datos en el intervalo citado. Destaca en esta zona el buen ajuste del modelo $\ln(pv) = a + b \cdot \ln(d)$, pero este modelo no cumple las condiciones de normalidad y homocedasticidad de los residuos.

En el modelo ajustado a los estratos 2, 3 y 4 de la zona densa, aunque el término de la altura elevada al cubo no es significativo al 90% de probabilidad, no se ha eliminado porque sin él empeora considerablemente el ajuste del modelo a los datos de partida.

En la tabla 7.9 se incluyen las ecuaciones de los modelos seleccionados para cada zona.

Tabla 7.9. Ecuaciones de los modelos ajustados a la leña fina de los chirpiales para las zonas definidas. Donde: $\ln(pv)$, es el logaritmo neperiano del peso verde, con el peso verde en kg; d , es el diámetro normal (cm); y h , es la altura total (cm).

Zona de Aplicación	Ecuación del modelo
Zona Densa. Estrato 1	$\ln(pv) = 0,0976084 + 0,2721120d + 0,348147d^2 - 0,0298226d^3 - 0,857334d$
Zona Densa. Estratos 2, 3 y 4	$\ln(pv) = -2,8324 - 1,08007d + 2,62873d - 0,347858d^2 + 0,0142123d^3 - 0,013344d^3 + 0,226793d^2$
Zona Adehesada	$\ln(pv) = 0,454204 + 0,32677d - 0,01702d^2 + 0,000308733d^3 + 0,00000833174d^2 - 7054167E-9d^3$



7.3.4.2.4. Chasca.

Esta fracción de la biomasa sólo se ha modelizado para la zona adehesada de la masa, puesto que su interés principal se centra en la producción de ramilla ornamental y en la zona densa no se puede realizar este aprovechamiento.

En esta fracción de la biomasa se hace especialmente patente el mejor ajuste de los modelos con el diámetro y variables derivadas del mismo: sus potencias, logaritmo, etc.

La inclusión en los modelos de la chasca de la altura o variables que la contengan no mejora, en general, los modelos ajustados con el diámetro, y los modelos que contienen solo esta variable no superan el 60% de variabilidad explicada.

El modelo con el que mejores resultados se obtienen es el siguiente:

$$\ln(pv) = a + b \cdot d + c \cdot d^2$$

donde, $\ln(pv)$ es el logaritmo neperiano del peso verde de la chasca,

d es el diámetro normal del árbol y

a , b y c los parámetros del modelo.

El modelo alométrico del diámetro ($\ln(pv) = a + b \cdot \ln(d)$) también presentaba un buen ajuste a los datos de partida con un coeficiente de determinación del 76%.

El modelo seleccionado responde a la siguiente ecuación:

$$\ln(pv) = 0,179505 - 0,00637991 \ln d^2 + 0,306091 \ln d$$

7.3.4.2.5. Hojas.

Los modelos ajustados al logaritmo del peso verde de hojas de los chirpiales son los que presentan los coeficientes de determinación más bajos de todos los ajustes realizados, no superando en ningún caso el 83%.

De nuevo, los mejores ajustes se obtiene con variables independientes función del diámetro, mejorando muy poco los coeficientes de determinación al introducir la altura o su producto con el diámetro en los modelos. Es en esta fracción de la biomasa en la que peores ajustes se consiguen con la altura, no superando el coeficiente de determinación para los modelos solo con esta variable independiente el 30%.

Los modelos que mejores ajustes presentaban eran los polinomios del diámetro y los alométricos con esta misma variable, su cuadrado o el producto de las dos anteriores con la altura.

Se ha seleccionado el mismo modelo para las tres zonas estudiadas: el modelo alométrico del diámetro linealizado, que responde a la fórmula siguiente:

$$\ln(pv) = a + b \cdot \ln(d)$$

donde, $\ln(pv)$ es el logaritmo neperiano del peso verde de la chasca,

d es el diámetro normal del árbol y

a y b los parámetros del modelo.

En la tabla 7.10 se incluyen las ecuaciones de los modelos seleccionados para cada zona.

Tabla 7.10. Ecuaciones de los modelos ajustados a las hojas de los chirpiales para las zonas definidas. Donde: $\ln(pv)$, es el logaritmo neperiano del peso verde, con el peso verde en kg; d , es el diámetro normal (cm); y h , es la altura total (cm).

Zona de Aplicación	Ecuación del modelo
Z. Densa. Estrato 1	$\ln(pv) = -2,13895 + 0,995044 \ln(d)$
Z. Densa. Estratos 2, 3 y 4	$\ln(pv) = -2,42012 + 1,4604 \ln(d)$
Zona Adehesada	$\ln(pv) = -1,39951 + 1,13304 \ln(d)$



7.3.4.3. Modelos seleccionados para las cepas.

En el ajuste de los modelos de biomasa para las cepas de la zona adhesada, los modelos con mejores ajustes, más sencillos y de fácil aplicación que se han ajustado, son modelos de una sola entrada que utilizan únicamente como variable independiente la altura total de la cepa.

En estos ajustes en general han funcionado mejor modelos sencillos de una sola entrada, bien sea la altura total o el diámetro de copa, que no modelos mixtos.

El diámetro de copa y la altura total de la cepa son las dos variables independientes que mejores ajustes han presentado. Otra variable independiente que ha funcionado bien ha sido el producto de la altura por el diámetro de copa al cuadrado (hd^2), principalmente en las leñas fina y gruesa. El perímetro de copa no ha funcionado bien en los modelos ajustados, excepto para la biomasa total.

En general, han funcionado mejor los modelos de tipo polinómicos que los que incluyen logaritmos en las variables independientes, de modo que al retransformarlos a unidades aritméticas se trataría de modelos exponenciales.

Por tanto, los modelos seleccionados responden a la siguiente ecuación, $\ln(pv) = a + b \cdot h + c \cdot h^2$, excepto la leña fina cuya ecuación es $\ln(pv) = a + b \cdot h$, siendo $\ln(pv)$ el logaritmo neperiano del peso verde de la fracción de biomasa considerada, h la altura total de la cepa, que recordemos en estas cepas coincide con la longitud de la copa, y a , b y c los parámetros del modelo.

Finalmente, en la tabla 7.11 se incluyen las ecuaciones de los modelos seleccionados.

Tabla 7.11. Ecuaciones de los modelos ajustados a cada una de las fracciones de biomasa de las cepas de la zona adhesada. Donde: $\ln(pv)$, es el logaritmo neperiano del peso verde, con el peso verde en kg; y h , es la altura total (m).

Fracción de la Biomasa	Modelo
Hojas	$\ln(pv) = 0,0582227 + 0,932655h - 0,03866762h^2$
Chasca	$\ln(pv) = 0,78514 - 0,042401h^2 + 1,04795h$
Leña Fina	$\ln(pv) = -0,107129 + 0,824756h$
Leña Gruesa	$\ln(pv) = -2,61782 + 1,99885h - 0,101681h^2$
Biomasa Total	$\ln(pv) = 0,895961 - 0,0464533h^2 + 1,21988h$

7.3.4.4. Fiabilidad de los ajustes e intervalos de confianza.

La bondad de los ajustes y la fiabilidad de los modelos se exponen en el anexo 5. Para indicar la bondad del ajuste se incluyen en cada modelo el coeficiente de determinación, el error cuadrático medio residual, el error standard, el error medio total, el número de puntos considerado y la representación gráfica del modelo junto con los datos de ajuste en aquellos modelos que utilizan una sola entrada para las variables explicativas.

En el anexo 5 se representan gráficamente los intervalos de confianza del valor medio estimado en cada punto por los modelos al 95% de probabilidad, y se exponen todos los parámetros necesarios para el cálculo de los intervalos de confianza de las estimaciones que se realicen, y permiten conocer la fiabilidad de las predicciones realizadas con los modelos ajustados.

7.3.4.5. Coherencia de los modelos.

El problema de la coherencia de los modelos de cada fracción de la biomasa con la biomasa total se ha tratado de solucionar de la forma más sencilla posible. Para la zona densa, en la cual no se ha modelizado la chasca, se simplifica el problema simplemente calculando



esta por diferencia con el resto de los modelos. Como desventaja se tiene que para esta fracción de la biomasa no existe intervalo de confianza y por tanto, no se puede dar una medida de la precisión de esta predicción.

En la zona adehesada, tampoco se ha considerado necesario hacer cambios en los modelos ajustados, ya que dentro de los diámetros en los que tienen validez los modelos, la suma de las esperanzas matemáticas de las curvas ajustadas a cada una de las fracciones en las que se divide la biomasa (leña fina, leña gruesa y chasca) está dentro del intervalo de confianza al 95% de las predicciones de la biomasa total, tanto para los árboles individuales como para las cepas.

7.3.4.6. Ambito de aplicación de los resultados.

La selección de árboles se ha realizado en el Acebal de Garagüeta, una masa pura irregular en monte bajo de *Ilex aquifolium* L. del Sistema Ibérico Norte representativa de la generalidad de estas acebedas. Las parcelas están distribuidas en todo el área de la acebeda y recogen todo el rango de variación, en cuanto a densidades y estructura de la masa de estas acebedas.

En consecuencia las ecuaciones que se exponen aquí, tienen su principal aplicación en este ámbito geográfico. Cada ecuación debe aplicarse dentro de su rango de variación de densidades, diámetros y alturas. Las ecuaciones de las zonas densas no deben aplicarse en masas que no presenten fracciones de cabida cubierta elevadas, es decir, no son aplicables a masas abiertas. Mientras que las ecuaciones ajustadas para las masas adehesadas de acebo no deben usarse en masas en las que ya se haya producido la tangencia de copas entre las cepas que crecen aisladas en estas zonas.

Se considera que no es demasiado aventurado aplicar estas ecuaciones en montes fuera de este ámbito geográfico, siempre y cuando su estructura no difiera sustancialmente a la de las masas estudiadas. Puede ser recomendable realizar un calibrado de estas ecuaciones antes de su aplicación, y sus predicciones deben utilizarse con precaución. Según BENGUA (1999) las estimaciones en la biomasa total calculada mediante ecuaciones elaboradas para árboles de diferentes territorios no difieren sustancialmente, mientras que en las distintas fracciones de la biomasa si pueden aparecer diferencias significativas.

El ámbito de aplicación de cada una de las ecuaciones de la zona densa se concreta en la tabla 7.12.

Tabla 7.12. Rango de aplicación de los modelos de biomasa elaborados.

Ámbito de Aplicación Modelos Biomasa Árboles				
Fracción de la Biomasa	Zona de Aplicación	Densidad (nº de pies/ha)	Diámetro (cm)	Altura (m)
Hojas	Z. Densa. Estrato 1	(55.000 , 36.000)	(1,4 - 7,7)	(2 – 4)
	Z. Densa. Estratos 2, 3 y 4	(36.000 , 8.000)	(1 - 16,7)	(1,7 – 8,5)
	Zona Adehesada	-	(1,5 - 25)	(1 – 9)
Chasca	Zona Adehesada	-	(1,5 - 25)	(1 – 9)
Leña Fina	Zona Densa. Estrato 1	(55.000 , 36.000)	(1,4 - 7,7)	(2 – 4)
	Zona Densa. Estratos 2, 3 y 4	(36.000 , 8.000)	(1 – 13,5)	(1,7 – 8)
	Zona Adehesada	-	(1,5 - 32)	(1 – 9)
Leña Gruesa	Zona Densa. Estratos 2, 3 y 4	(36.000 , 8.000)	(6 - 16,7)	(4 – 8,5)
	Zona Adehesada	-	(5 - 25)	(3,5 – 9)
Biomasa Total	Z. Densa. Estrato 1	(55.000 , 36.000)	(1,4 - 7,7)	(2 – 4)
	Zona Densa. Estratos 2, 3 y 4	(36.000 , 8.000)	(1 - 16,7)	(1,7 – 8,5)
	Zona Adehesada	-	(1,5 - 25)	(1 – 9)



Los modelos ajustados para las cepas de la zona adhesada se pueden aplicar a aquellas cepas que crezcan sin competencia lateral en masas abiertas hasta una edad de 125 años y con alturas inferiores a 9 m.

7.3.4.7. Retransformación y resumen de los modelos ajustados.

Los factores de corrección necesarios para convertir correctamente los valores de las estimaciones en escala logarítmica de los modelos ajustados a unidades aritméticas se recogen en las tablas 7.13 y 7.14. Además en estas tablas se resumen las ecuaciones de los modelos de biomasa ajustados.

Tabla 7.13. Modelos ajustados a cada una de las fracciones de biomasa de los chirpiales para las zonas definidas. Se incluye su coeficiente de determinación ajustado (R^2), su error medio absoluto (MAE) y su factor de corrección para pasar de unidades logarítmicas a aritméticas. Donde: $\ln(pv)$, es el logaritmo neperiano del peso verde, con el peso verde en kg; d , es el diámetro normal (cm); y h , es la altura total (cm).

Modelos Biomasa Árboles					
Fracción de biomasa	Zona de Aplicación	Ecuación del modelo	R^2	MAE	Factor de corrección
Hojas	Z. Densa. Estrato 1	$\ln(pv) = -2,13895 + 0,995044 \ln(d)$	59,1	0,40	1,22353841
	Z. Densa. Estratos 2, 3 y 4	$\ln(pv) = -2,42012 + 1,4604 \ln(d)$	82,4	0,42	1,23084201
	Zona Adhesada	$\ln(pv) = -1,39951 + 1,13304 \ln(d)$	72,1	0,47	1,26501629
Chasca	Zona Adhesada	$\ln(pv) = 0,179505 - 0,00637991 d^2 + 0,306091 d$	86,8	0,28	1,18555913
Leña Fina	Zona Densa. Estrato 1	$\ln(pv) = 0,0976084 + 0,2721120 h + 0,348147 d^2 - 0,0298226 d^3 - 0,857334 d$	81,3	0,22	1,17204900
	Zona Densa. Estratos 2, 3 y 4	$\ln(pv) = -2,8324 - 1,08007 h + 2,62873 d - 0,347858 d^2 + 0,0142123 d^3 - 0,013344 h^3 + 0,226793 h^2$	84,1	0,22	1,16303678
	Zona Adhesada	$\ln(pv) = 0,454204 + 0,32677 d - 0,01702 d^2 + 0,000308733 d^3 + 0,0000833174 h^2 - 7054167 E-9 h^3$	81,4	0,33	1,22541799
Leña Gruesa	Zona Densa. Estratos 2, 3 y 4	$\ln(pv) = -7,88849 - 0,159324 d^2 + 0,190947 h + 0,00407869 d^3 + 2,18332 d$	95,1	0,13	1,08627401
	Zona Adhesada	$\ln(pv) = -0,783627 + 0,401644 d + 0,00114315 h - 0,0082942 d^2$	92,4	0,18	1,12987047
Biomasa Total	Z. Densa. Estrato 1	$\ln(pv) = 0,658619 + 0,182789 d^2 - 0,257876 d - 0,0153721 d^3$	93,4	0,24	1,15448747
	Zona Densa. Estratos 2, 3 y 4	$\ln(pv) = -1,62297 + 1,23659 d - 0,0999297 d^2 + 0,00307289 d^3$	96,6	0,17	1,11643101
	Zona Adhesada	$\ln(pv) = 0,221148 + 0,551677 d - 0,0204764 d^2 + 0,00026182 d^3$	94,8	0,23	1,15448747

Tabla 7.14. Modelos ajustados a cada una de las fracciones de biomasa de las cepas de la zona adhesada. Se incluye su coeficiente de determinación ajustado (R^2), su error medio (MAE) y su factor de corrección para pasar de unidades logarítmicas a aritméticas. Donde: $\ln(pv)$, es el logaritmo neperiano del peso verde, con el peso verde en kg; y h , es la altura total (m).

Modelos Biomasa Cepas				
Fracción de la Biomasa	Modelo	R^2	MAE	Factor de corrección
Hojas	$\ln(pv) = 0,0582227 + 0,932655 h - 0,03866762 h^2$	97,1	0,19	1,14164248
Chasca	$\ln(pv) = 0,78514 - 0,042401 h^2 + 1,04795 h$	98,1	0,18	1,13078547
Leña Fina	$\ln(pv) = -0,107129 + 0,824756 h$	95,4	0,34	1,26815933
Leña Gruesa	$\ln(pv) = -2,61782 + 1,99885 h - 0,101681 h^2$	97,6	0,31	1,24182429
Biomasa Total	$\ln(pv) = 0,895961 - 0,0464533 h^2 + 1,21988 h$	98,0	0,22	1,16084362

Como puede apreciarse en las tablas 7.13 y 7.14, los peores ajustes se encuentran en las fracciones más menudas de la biomasa (hojas, chasca y leña fina), encontrándose sin duda la mayor varianza residual sin explicar en la biomasa de hojas. Esto es debido, probablemente, a que su cuantía depende, en gran medida, de otros factores como la estructura de la masa o la



selvicultura practicada. La inclusión de variables de masa probablemente mejore esta estimación y tendría justificación si fuera necesario incrementar la precisión de las ecuaciones aún complicando su aplicación práctica.

Sin embargo, en los modelos ajustados para las cepas no se aprecian estas variaciones en la precisión del ajuste entre las diferentes fracciones de la biomasa estudiadas.

En los modelos de biomasa de las hojas y de la chasca de los chirpiales la altura total del árbol no aparece, y los modelos probados con esta variable eran especialmente ineficaces. En el resto de los modelos, leña fina y leña gruesa, la mejora lograda con la introducción de la altura es relativamente pequeña, pero permite mejorar considerablemente el ajuste del modelo a los datos de partida.

Las varianzas explicadas por los modelos de cada fracción de la biomasa de los chirpiales en cada zona son parecidas para todas ellas, pero siendo siempre ligeramente inferiores en el estrato de peor calidad (estrato 1 de la zona densa). Esto puede ser debido a que en el estrato inferior hay árboles con menor desarrollo de copa, pero más variable, y a que sus condiciones de crecimiento pueden cambiar sustancialmente y en mayor medida con variaciones del medio mucho menores.

Los modelos seleccionados para todas las fracciones estudiadas de la biomasa de los chirpiales, excepto en el caso de las hojas, son modelos exponenciales, con polinomios del diámetro normal y la altura del árbol. También en esta línea, PETERKEN (1972) en el estudio que realiza para la estimación de la productividad del acebo en New Forest observa una relación exponencial entre el diámetro del árbol y el peso de la biomasa.

Sin embargo para la biomasa de hojas los modelos seleccionados son alométricos con el diámetro normal como variable independiente. Resultado que es también acorde con las hipótesis que PETERKEN (1972) asume para su trabajo, puesto que él supone un crecimiento más atenuado para las hojas. Aún aceptando que la biomasa de hojas tuviese un valor máximo que se mantiene constante a partir de los 50 años, este hecho no se ve reflejado en los modelos propuestos.

8. PRINCIPALES APROVECHAMIENTOS
DE LAS ACEBEDAS DEL SISTEMA
IBÉRICO NORTE.



8. PRINCIPALES APROVECHAMIENTOS DE LAS ACEBEDAS DEL SISTEMA IBÉRICO NORTE.

8.1. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo se realiza un estudio de los principales aprovechamientos de las acebedas del Sistema Ibérico Norte: el aprovechamiento ganadero y el de ramilla ornamental.

Se hace una revisión de la legislación actual sobre el acebo existente en Castilla y León y de las ordenaciones vigentes de las principales acebedas del Sistema Ibérico Norte.

Se describen los estudios de revisión bibliográfica y de campo realizados entorno a estos aprovechamientos y se intenta dar unas directrices generales para su futura gestión. Se presenta un modelo de producción de ramilla ornamental para las cepas de acebo desarrollado a partir de los ensayos de niveles de corta realizados y de las ecuaciones de crecimiento y producción de biomasa desarrolladas en los capítulos anteriores (Capítulos 6 y 7).

Y finalmente, se revisa el aprovechamiento de leñas, su importancia en el futuro de estas masas y, de manera análoga a la ramilla ornamental, se realiza un modelo de producción de leñas.

8.2. LEGISLACIÓN DE PROTECCIÓN DEL ACEBO EN CASTILLA Y LEÓN

La Junta de Castilla y León, inicialmente desde la Consejería de Agricultura, Ganadería y Montes, en su Orden de 4 de diciembre de 1984, declara protegido el acebo en la Comunidad Autónoma de Castilla y León.

Esta norma, actualmente derogada por la legislación posterior, ocasionó enfrentamientos de la población local con la Administración Regional al no autorizar las cortas de ramilla ornamental y suponer esto una pérdida importante de recursos para los pueblos en una época de poca actividad agraria.

La no autorización de este aprovechamiento tampoco beneficiaba al acebar: por una parte, los lugareños, que son ganaderos, al no sacar ningún beneficio de los acebos perdían el aprecio por este arbolado, y por otra, se perdían los trabajos de mejora que acompañaban a las labores de aprovechamiento de ramillas.

Posteriormente, el Decreto 341/1991, de 28 de noviembre, establece un nuevo régimen de protección acomodado a la normativa vigente y a la experiencia acumulada desde la entrada en vigor de la citada Orden.

En este Decreto ya se habla del derecho de los titulares de los montes a vender los productos resultantes de los tratamientos selvícolas y, además, la necesidad de adoptar controles y garantías en su comercialización para evitar toda posible confusión con aprovechamientos abusivos o no autorizados. El Decreto, en su artículo 2º, prohíbe el arranque, recogida, corta, desenraizamiento deliberado de dicha planta o parte de ella, incluidas las semillas, así como la comercialización, excepto en las circunstancias que se especifican en el artículo 3º del mismo Decreto.

Dicho artículo 3º dice que la Junta determinará los trabajos de tratamientos selvícolas a ejecutar en los acebales cuya gestión tiene encomendada (montes de propiedad, de Utilidad Pública (U.P.), consorciados y conveniados), aprobará la solicitud de las labores selvícolas en los



restantes montes, y, por último, establecerá los controles necesarios para la comercialización en origen y transporte de los productos obtenidos de los tratamientos selvícolas.

En los últimos años, al amparo de este decreto, se ha estado cortando ramilla de acebo para aprovechamiento ornamental en diciembre en las principales acebedas de la Región. Solamente se ha permitido la comercialización de este producto en origen.

Posteriormente, se promulgó la Orden de 14 de diciembre de 1992, de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, sobre protección del acebo por la que se adoptan medidas encaminadas a la determinación o autorización de los trabajos selvícolas a ejecutar en los acebales y el establecimiento de los controles necesarios para la comercialización en origen. En concreto, la Dirección General de Medio Natural se compromete a realizar una planificación de las principales masas de acebo de los montes de la Junta, de los de U.P. y de los consorciados o conveniados, en base a criterios de protección de la especie.

En febrero de 1996 la Dirección General de Medio Natural cumple su compromiso aprobando la ordenación de las principales acebedas de esta Región cuyas líneas generales se exponen en el siguiente apartado.

Si bien, es cierto que con la normativa vigente se ha llegado a un equilibrio entre conservacionistas y propietarios, hay distintos aspectos de la misma que están en revisión:

- ❑ El cambio del concepto “*Tratamiento Selvícola*” por “*Aprovechamiento Sostenible*”, que refleja con más fidelidad la realidad y la filosofía de este aprovechamiento.
- ❑ La posibilidad de autorizar en Castilla y León una comercialización no sólo en origen de las ramillas de acebo procedentes del aprovechamiento sostenible de ramilla ornamental realizado bajo la dirección, como mínimo, de un Plan Dasocrático de la masa de la que proceda, aprobado por la Administración y que garantice el Aprovechamiento Sostenible del recurso.
- ❑ La entrada en vigor de una etiqueta que identifique el origen del producto y especifique que ha sido obtenido bajo las normas de un plan de aprovechamientos de una ordenación o de un plan técnico.
- ❑ El reconocimiento y fomento de plantaciones para aprovechamiento de ramilla ornamental que quedarían excluidas, de la misma manera que actualmente lo están los viveros, de una normativa proteccionista de esta especie.

8.3. REVISIÓN DEL MODELO DE ORDENACIÓN DE LAS PRINCIPALES ACEBEDAS DEL SISTEMA IBÉRICO NORTE.

Se resumen a continuación las bases y fundamentos de la ordenación de las principales acebedas de Castilla y León realizada por Montoya Oliver, J.M. (MONTOLIVER, 1994).

Su objetivo primordial es la mejora y conservación de estas masas regulando sus aprovechamientos. Se centra en el aprovechamiento de ramilla ornamental manteniendo los aprovechamientos pascícolas y cinegéticos.

Se trata, por tanto, de una ordenación de uso múltiple, armonizando monte, ganado y caza y sus intervenciones forestales programadas se dirigen a incrementar la longevidad del arbolado y a aumentar la producción de semillas disponibles para la regeneración.

Se articula a través de 3 modelos de ordenación aplicados a las circunstancias particulares de cada uno de los montes:

1. Modelo de Ordenación Cinegética. Se basa en favorecer la regeneración ornitócora del acebo, producida fundamentalmente por el zorzal en sus dormideros. Se vedan a la caza aquellas zonas susceptibles de ser repobladas por acebo. Asimismo, para



proteger las plántulas de acebo, se deben mantener cargas bajas de animales silvestres ramoneadores, en especial corzo y venado, también la liebre y el conejo deben ser controlados.

2. Modelo de Ordenación Pascícola. Sus directrices generales son la ausencia de espacios acotados al pastoreo si la carga ganadera no es excesiva y prohibición de rozas innecesarias, así como una articulación temporal del pastoreo acorde con la producción y fenología del pasto.
3. Modelo de Ordenación del Aprovechamiento de Ramilla Ornamental. Se organiza la corta de ramilla ornamental por tramos dividiendo el monte en tranzones de corta anuales, cada uno de ellos estará 3 años en preparación, posteriormente pasará a estar 3 años en corta, y, por último, 3 años en descanso. Se propone, por tanto, una rotación de corta de ramilla ornamental de 9 años. También, se dan unas directrices para realizar la corta de ramilla ornamental.

8.4. APROVECHAMIENTO GANADERO.

Los principales aprovechamientos que presentan estas masas hoy en día, tanto por su importancia económica como ecológica, son el ganadero y el de ramilla ornamental.

El ganado, como se ha puesto en evidencia en los capítulos anteriores, es el principal responsable de la actual estructura y configuración de estos ecosistemas.

8.4.1. Material y métodos.

Para estudiar el aprovechamiento ganadero tradicional de las acebedas se han consultado los archivos de la Delegación Territorial de la Consejería de Medio Ambiente de Soria, los Ayuntamientos de Arévalo de la Sierra y Torrearévalo y la Excm. Diputación de Soria. También se ha contado con los datos de las ordenaciones de las principales acebedas de Castilla y León realizadas por J.M. MONTOLYA (1994) y aprobadas en 1996.

El aprovechamiento ganadero actual se ha estudiado además mediante la realización de trabajos de campo. En la acebeda de Garagüeta, la más grande y emblemática de la comarca, se han estudiado la producción pascícola real mediante la siega en primavera y otoño del pasto en parcelas previamente valladas, la productividad neta potencial calculada mediante datos climáticos y edafológicos según el índice de Rosenzweig (COLIMBAUX, 1986), la composición de la carga ganadera actual y sus necesidades medias anuales, la composición botánica de los pastos, la evolución histórica del aprovechamiento ganadero y la articulación temporal del pastoreo.

El área ocupada por los pastos en el acebal de Garagüeta se ha calculado delimitando estas zonas en el mapa 1: 5.000 mediante fotografía aérea y planimetrando cada parte.

Para el estudio de la composición botánica del pastizal se ha recurrido a los trabajos realizados anteriormente y a la recogida, herborización e identificación de las plantas encontradas en estos pastos.

Se han calculado la productividad neta real y potencial de estos pastos. El cálculo de la productividad real de los pastos se efectuó segando el pasto existente en parcelas de una superficie de 0,5 m² situadas en el interior de tres parcelas de 100 m² valladas en febrero de 1996 para el estudio de la regeneración por semilla. Estas superficies se segaron dos veces, la primera, el 12 de agosto de 1997, una vez finalizado el crecimiento primaveral y la segunda, el 20 de noviembre de 1997, después del crecimiento otoñal; de esta manera se calculó la productividad en las dos épocas de crecimiento.



Posteriormente a cada una de las siegas, se pesó la biomasa recogida y se secó en estufa durante 24 horas a una temperatura de 60 °C, después se volvió a pesar. Se pesó con una precisión de 0,01 gr.

Para el cálculo de la productividad neta potencial según el índice de Rosenzweig (COLINVAUX, 1986) se ha utilizado una capacidad de retención del agua de 195 mm/m, obtenida de las calicatas realizadas en zonas de pastos en el estudio edáfico del monte.

8.4.2. Resultados.

8.4.2.1. Extensión y composición de los pastos.

Para el estudio de los pastos se han considerado las superficies escasamente arboladas y adehesadas como zonas pascícolas, obteniéndose una superficie total de 337,35 ha de pastos, de las cuales 226,5 se encuentran desarboladas.

En la composición botánica del pastizal, se observa una clara diferencia entre las zonas convexas y las cóncavas del monte. Lógicamente, las zonas cóncavas al tener mayor humedad desarrollan un pasto con una mayor variedad de especies y de una mejor calidad. En estos montes se encuentran los mejores pastizales de la zona, y sin duda los más productivos.

En las zonas del valle de la parte cóncava, las cuales ocupan una extensión de 225,5 ha, se observan las siguientes especies: *Ribes alpinum*, *Lotus corniculatus*, *Trifolium repens*, *Vicia sativa*, *Poa bulbosa*, *Phleum pratense*, *Festuca ovina*, *Festuca rubra*, *Festuca pratense*, *Acinus alpinus*, *Sedum acre*, *Bellis perennis*, *Eryngium campestre*, *Cerastium glomeratum*, *Thymus praecox*, *Ranunculus bulbosus*, *Geranium molle*, *Ornithogalum umbellatum*, *Teucrium scorodonia*, *Viola reichenbachiana*, etc.

Las zonas convexas de las laderas ocupan una extensión de 128,9 ha, y se encuentran las siguientes especies: *Deschampsia flexuosa*, *Nardus stricta*, *Koeleria vallesiana*, *Rumex acetosa*, *Digitalis parviflora*, *Veronica officinalis* y *Jasione sp.*

8.4.2.2. Productividad de los pastos.

Los resultados obtenidos en las siegas del pasto realizadas en primavera y en otoño se reflejan en las tablas 8.2 y 8.3. Al calcular la producción primaveral del pasto hay que tener en cuenta que las parcelas segadas llevaban cerradas los dos periodos de crecimiento anteriores al que se desea medir por lo que fue necesario realizar un estudio de las temperaturas y precipitaciones en los dos años citados, tras lo cual se consideró que de la biomasa recogida en esta primera siega sólo el 60% correspondía al crecimiento primaveral de 1997. La localización de las parcelas de siega puede verse en el anexo 2.2. Se incluye también una fotografía de una de estas parcelas en el anexo 10.

Tabla 8.2. Resultados de las siegas de pastos realizadas en primavera (12-8-97) y en otoño (20-11-97).

	Peso Fresco Recogido (gr)	Peso Fresco Primaveral (gr)	Peso Fresco Otoño (gr)	Humedad respecto al PF
Parcela 1	377,45	226,47	32,75	55,0%
Parcela 2	224,52	134,71	32,22	48,0%
Parcela 3	276,57	165,94	49,33	54,5%

Finalmente, los resultados de la producción total de pasto según la biomasa y las épocas de crecimiento vienen reflejadas en la tabla 8.4.



Tabla 8.4. Productividad pascícola neta real.(1 U.F.I.=859 gr de Materia Seca).

	Producción (kg/ha)	Producción (U.F.I.)
Primaveral	1646,0	646328,0
Otoñal	346,7	136124,1
Total	1992,7	782452,1

La distribución de la producción a lo largo del año se ha distribuido en función de las características climáticas del monte y la fenología de los pastos. Esta viene reflejada en la figura 8.1.

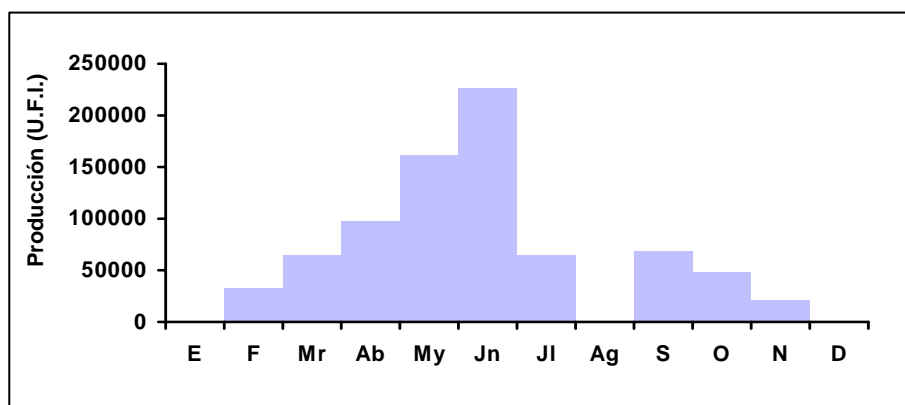


Figura 8.1. Distribución temporal de la producción pascícola.

La productividad neta potencial de esta zona según Rosenzweig, de acuerdo con sus condiciones climáticas y con una capacidad de retención de agua media de 147 mm / m. es de 678,0 gr de materia seca (M.S.) / m² año, y de 722,7 gr M.S./ m² año para una capacidad de retención de 195 mm / m. Teniendo en cuenta que la vegetación considerada es solamente pascícola su productividad se reduce a un 45% (COLINVAUX, 1986), con lo que finalmente se obtiene una productividad neta potencial media de 3051 kg M. S./ ha año.

Para calcular la producción neta potencial total de estos pastos se debe considerar la existencia de dos zonas: un pastizal sin presencia de acebo y matorral, y otra en la que la producción del pasto debe disminuirse por la competencia con el acebo y el matorral. En estas últimas superficies se ha reducido la productividad en un 17%.

Finalmente, extendiendo estos valores a toda la superficie pascícola del monte se obtiene un valor de la productividad neta potencial total de pasto de 990813,8 unidades forrajeras leche (U.F.I.).

8.4.2.3. Carga ganadera y articulación del pastoreo.

El ganado que actualmente pastorea en las acebedas del Sistema Ibérico Norte de la provincia de Soria suele ser vacuno y ovino, excepto en la de Garagüeta donde sólo existe ganado mayor.

En esta última acebeda pasta ganado vacuno y caballar, contando este último con menor número de reses, solamente 23 yeguas salvajes, pertenecientes a un sólo propietario y todas ellas de carne. En cuanto al ganado vacuno se cuentan 253 cabezas en total, 250 vacas de 7 ganaderos locales y 3 toros propiedad de la Cámara Agraria.

En la figura 8.2 puede observarse la evolución de la carga ganadera en la acebeda de Garagüeta desde 1896 hasta la actualidad. Destaca la desaparición del ganado cabrío del monte hacia 1975, denominador común en casi todas las acebedas de esta zona, y el aumento de la carga ganadera experimentada en estos montes a finales de los años 50. Posteriormente,



el número de reses de ganado vacuno descendió hasta 1978, en la década de los 80 alcanzó sus niveles más bajos, aumentando un poco en los últimos años, aunque no significativamente.

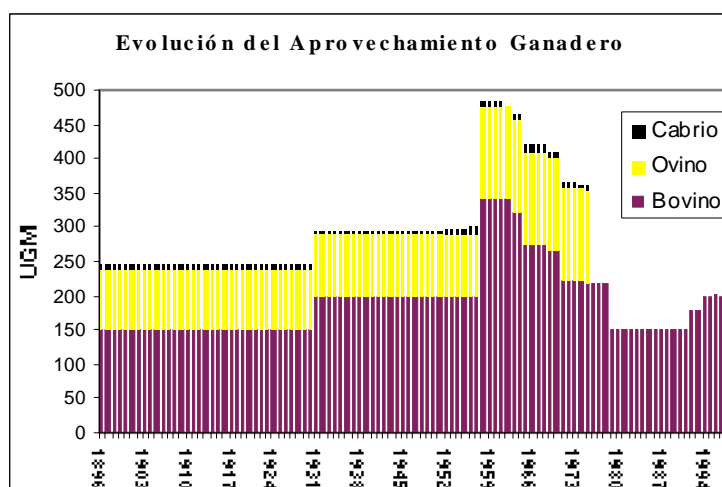


Figura 8.2. Evolución de la carga ganadera (UGM) en la Acebeda de Garagüeta desde 1896 hasta la actualidad. (Datos del Ayuntamiento de Arévalo de la Sierra).

Las razas de ganado vacuno que han convivido en estas acebedas han ido mezclándose a lo largo del tiempo; siendo actualmente la más significativa la Serrana seguida de la raza Parda, también junto con estas, y de mayor aptitud cárnica, tenemos ejemplares de Limosín y Charolés; la Pirenaica también tiene un lugar destacado, aunque sus ejemplares son los más escasos.

El pastoreo realizado en las acebedas, es un pastoreo rotacional, permite períodos de descanso, este sistema es mejor que el pastoreo continuo, sobre todo en el caso de cargas elevadas, tanto en la producción por cabeza como por hectárea. Sin embargo, esta ventaja no está asociada con un incremento en la producción de hierba, sino más bien en una mejor utilización de la misma en el pastoreo. El método utilizado en la Acebeda de Garagüeta se describe en la figura siguiente:

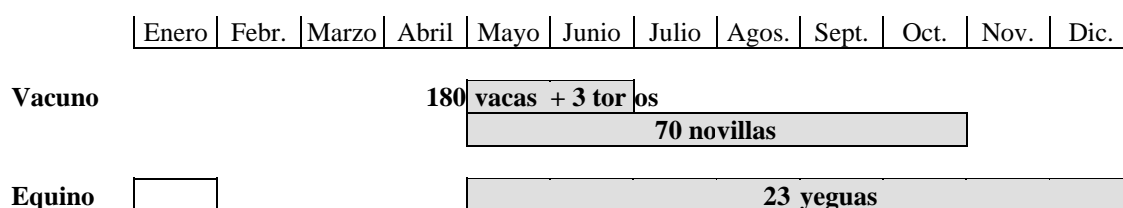


Figura 8.3. Esquema de la articulación del aprovechamiento ganadero a lo largo de un año.

La fecha de entrada a la dehesa elegida por los ganaderos es muy acertada ya que coincide aproximadamente con el inicio de la floración. El ganado que pasta en la acebeda tiene partos en primavera, así el periodo de cubriciones coincide con la abundancia de pastos, mayo y junio, por lo que es relativamente fácil conseguir niveles óptimos de fertilidad. El 1 de julio las vacas que están criando, al ser más exigentes en alimentación, salen al exterior a otras dehesas donde hay mayor abundancia de pastos permaneciendo dentro de la acebeda el resto. Se observa que la dehesa está integrada con otros montes públicos para la organización del pasto en lo que concierne al ganado mayor.

Durante el invierno solo permanecen las yeguas en el interior de la acebeda, su número es escaso en relación a la extensión total y a la abundancia de acebo, y debe de considerarse como favorable para el buen mantenimiento de los pastos, al consumir los rechazos existentes.



Los animales se reparten en el espacio dentro de las acebedas en función de los puntos de distribución de sales y complementos que les aportan los ganaderos propietarios de cada grupo; se establecen así descansaderos concretos -fuertemente nitrificados- y zonas preferentes de careo para cada grupo de animales.

Para el cálculo de las necesidades alimenticias del ganado en la acebeda se consideró en primer lugar la cantidad de unidades de ganado mayor (UGM) en cada uno de los tres periodos de entrada a la dehesa, posteriormente se calculó las necesidades dependiendo de cada animal, vacas en lactación, novillas, toros y yeguas (Figura 8.4). La totalidad de necesidades consumidas por el citado ganado en todo el año ascendió a 200.602 U.F.I., con unas necesidades medias por U.G.M. anuales de 3072 U.F.I./U.G.M./año.

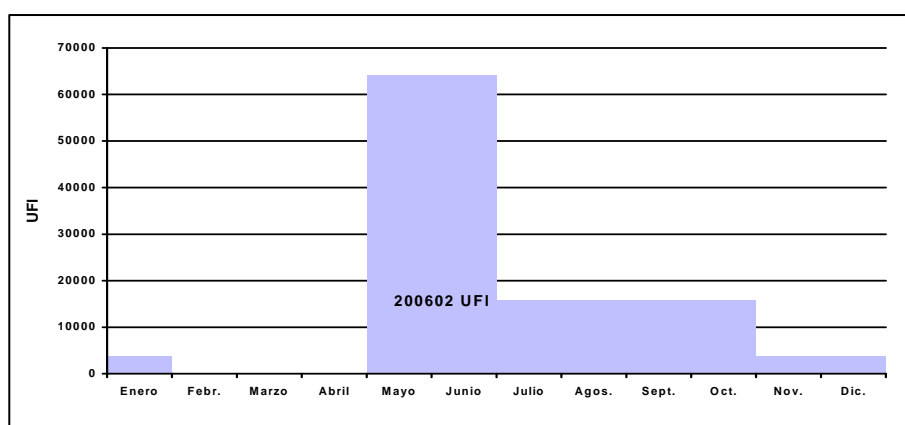


Figura 8.4.- Necesidades alimenticias del ganado existente en la acebeda en un año.

La carga ganadera media que soporta la acebeda de Garagüeta a lo largo del año es de 0,2 U.G.M., esta cifra no es elevada debido a que la zona deja de ser pastada durante febrero, marzo y abril. La mayor carga puntual que existe en la acebeda es en primavera, 0,7 U.G.M./ha, coincidiendo con la mayor producción de pastos. No se considera esta carga elevada, puesto que es menor de 2 U.G.M./ha, cifra a partir de la cual existiría una excesiva cantidad de ganado de acuerdo con la producción del monte.

La carga ganadera en las otras acebedas estudiadas tienen un valor que oscila entre 0,5 y 0,6 U.G.M./ha, excepto en la de Castilfrío con 1 U.G.M./ha y la de Ventosa con más de 2 U.G.M./ha.

El ganado introducido, según los datos de aprovechamientos de pastos existentes en el Ayuntamiento de Arévalo de la Sierra, pertenece a vecinos de las localidades de Arévalo de la Sierra y Torrearévalo. Las ganaderías de estas acebedas son importantes, sus propietarios son normalmente grandes ganaderos, perteneciendo todo el ganado existente en cada acebeda de 3 a 5 propietarios; exceptuando la acebeda de Oncala, cuyas 60 vacas pertenecen a 9 ganaderos de la zona, con lo que el pastoreo tiene un carácter eminentemente vecinal.

El aprovechamiento de pastos se adjudica mediante subasta y normalmente resulta rematante el Ayuntamiento; éste posteriormente organiza el pastoreo que se realiza colectivamente por todos los ganaderos del pueblo.

El precio que se paga por el aprovechamiento de pastos es muy variado según las acebedas, pero en todos los casos es muy inferior al precio real. Esto se debe fundamentalmente al carácter vecinal del pastoreo, siendo los montes propiedad del Ayuntamiento.

Los ganaderos pagan al Ayuntamiento según el número de cabezas que ha entrado en la acebeda, sin tenerse en cuenta la extensión del monte, percibiéndose unos ingresos entre 100 y 200 pesetas por hectárea en general que resultan realmente irrisorios.



Así en la acebeda de Garagüeta se cobran 240 pta por U.G.M.; en Estepa de San Juan 300 pta /U.G.M. entrada en el pastadero; en Castilfrío, 1000 pta por U.G.M. y 40 pta por oveja; en Oncala 2200 pesetas por U.G.M.; en Ventosa 335 pesetas por U.G.M.; en la dehesa de Pradena el Ayuntamiento cobra hoy de cada ganadero 5500 pesetas por las 10 primeras vacas, 6500 hasta las 20 vacas, 8500 por las que superen dicha cifra (sólo dos ganaderos poseen estas cifras tan elevadas) y por el ganado menor se cobran 150 pesetas por cabeza entrada.

8.4.3. Discusión.

Cualquier sistema de pastoreo debe cumplir un compromiso entre las necesidades y la carga ganadera para un nivel aceptable de crecimiento del animal y una eficiente utilización del pasto.

Las acebedas han estado intensamente pastoreadas por ganado vacuno, ovino, caballar y hasta caprino. Actualmente la carga ganadera que soportan estos montes oscila entre 0,2 y 1 UGM/ha. La Acebeda de Garagüeta es la que tiene una carga menor, 0,2 UGM/ha, siendo la mayor carga instantánea en primavera, 0,7 U.G.M./ha, coincidiendo con la mayor producción de pastos (Figura 8.5).

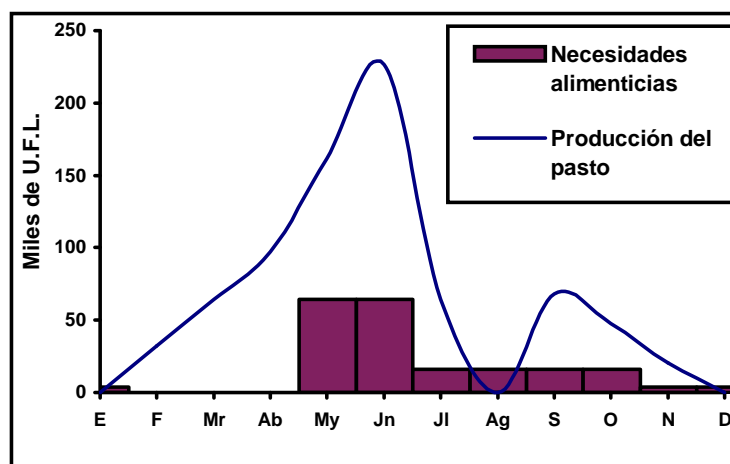


Figura 8.5. Necesidades alimenticias del ganado y producción de pasto a lo largo del año.

Las necesidades medias anuales del ganado en esta acebeda ascienden a 594,7 U.F.L./ha, no siendo esta cifra elevada respecto a la producción del pasto. Ya que la productividad neta potencial de estos pastos según el índice de Rosenzweig toma un valor anual de 2937,5 U.F.L./ha y la producción pascícola real anual obtenida experimentalmente ha sido de 2319,76 U.F.L./ha.

Mediante la comparación del estudio de productividad de pastos y de las necesidades alimenticias del ganado a lo largo del año, teniendo en cuenta que el ganado solo aprovecha el 30% del pasto producido en este régimen de pastoreo extensivo (SAN MIGUEL, Com. Pers.), puede afirmarse que la producción del pasto en la acebeda de Garagüeta se encuentra acorde con las necesidades del ganado, y que la organización temporal del pastoreo, a su vez, está sincronizada con la fenología de la producción del pastizal.

Sin embargo, según MONTROYA (1994) la producción esperada, es tan solo de 600- 700 U.F.L./ha anuales, para este tipo de pastos densos, de altura mediana en una zona fría, entre oligotrofa y eutrofa y con una pendiente del 15 %. Siendo por tanto la carga de esta acebeda superior a la recomendable para la conservación del pastizal.



El resto de las acebedas tienen cargas mayores, por lo que puede decirse que, en general, existe sobrepastoreo. Los acebos adultos lo soportan bien, pero afecta a la supervivencia de brinzales, al crecimiento de los acebos jóvenes y al propio pasto.

Finalmente, destacar que en todas las acebedas en general, aunque en Garagüeta en mucho menor grado, la carga ganadera resulta algo elevada respecto a las posibilidades actuales, como lo demuestra el temprano agostamiento relativo del pasto, lo corto del mismo y la presencia, tanto de matorral muy recomido, como de numerosas veredas en el monte como consecuencia del continuo tránsito del ganado. Esto, en parte es debido también a la presión que ha soportado en años anteriores con cargas muchos mas elevadas que la actual. En estas circunstancias, el pasto se degrada pues hacia una mayor presencia de anuales y a un acortamiento de su altura; en contrapartida, se espesa a causa del abonado orgánico.

Pero la carga ganadera es de muy difícil reducción en la práctica. Se trata de un aprovechamiento eminentemente de carácter vecinal, siendo la ganadería, junto con la agricultura, la principal dedicación de la escasa población local.

Estas dehesas forman una parte fundamental del sistema de pastoreo local. Aunque la mayoría del ganado solo permanece dos meses dentro de la dehesa en todo el año, es en este periodo donde engordan debido a la producción de pasto, posteriormente en vez de seguir en la acebeda solamente para mantenerse, salen a otros montes cercanos al pueblo donde se complementa la alimentación del ganado.

Sin embargo, el precio que se paga por el pasto es muy variado según las acebedas, pero en todos los casos es muy inferior al precio real, con unos ingresos entre 100 y 200 pta./ha.

Por tanto, se considera recomendable la realización de mejoras en las acebedas y en sus pastos, además podría ampliarse la superficie pastable realizando tratamientos selvícolas en las zonas densas y de matorral.

8.5. APROVECHAMIENTO DE RAMILLA ORNAMENTAL

8.5.1. Introducción

El uso actual más polémico de las acebedas es el aprovechamiento de ramilla ornamental. De hecho, aún hoy, siendo un aprovechamiento controlado en un monte ordenado, no se reconoce como tal y se enmascara como tratamiento selvícola.

En Centroeuropa el acebo se ha empleado tradicionalmente como adorno en Navidad. Esta moda se importa a nuestro país en la década de los cincuenta, y es entonces cuando comienza a cortarse ramillas de acebo en nuestras acebedas para su venta con fines ornamentales en Navidad.

En la figura 8.6 se muestra la evolución del aprovechamiento de ramilla ornamental en cinco de las principales acebedas del Sistema Ibérico Norte, y en el conjunto de ellas.

Se aprecia como se fue incrementando desde sus inicios hasta 1980, momento en el que los grupos conservacionistas comienzan a denunciar estas cortas que consideraban abusivas e incontroladas. Desde entonces se observa una tendencia ligeramente decreciente hasta 1991 con fluctuaciones anuales y un incremento en los últimos años.

En los últimos años las cortas han sido realizadas bajo la estrecha supervisión de la guardería forestal en las zonas marcadas por la ordenación de estos montes. La cuantía de las mismas ha sido establecida más en función de la demanda del mercado que de la propia producción, estando muy por debajo de las posibilidades de corta sin perjuicio alguno para el monte.

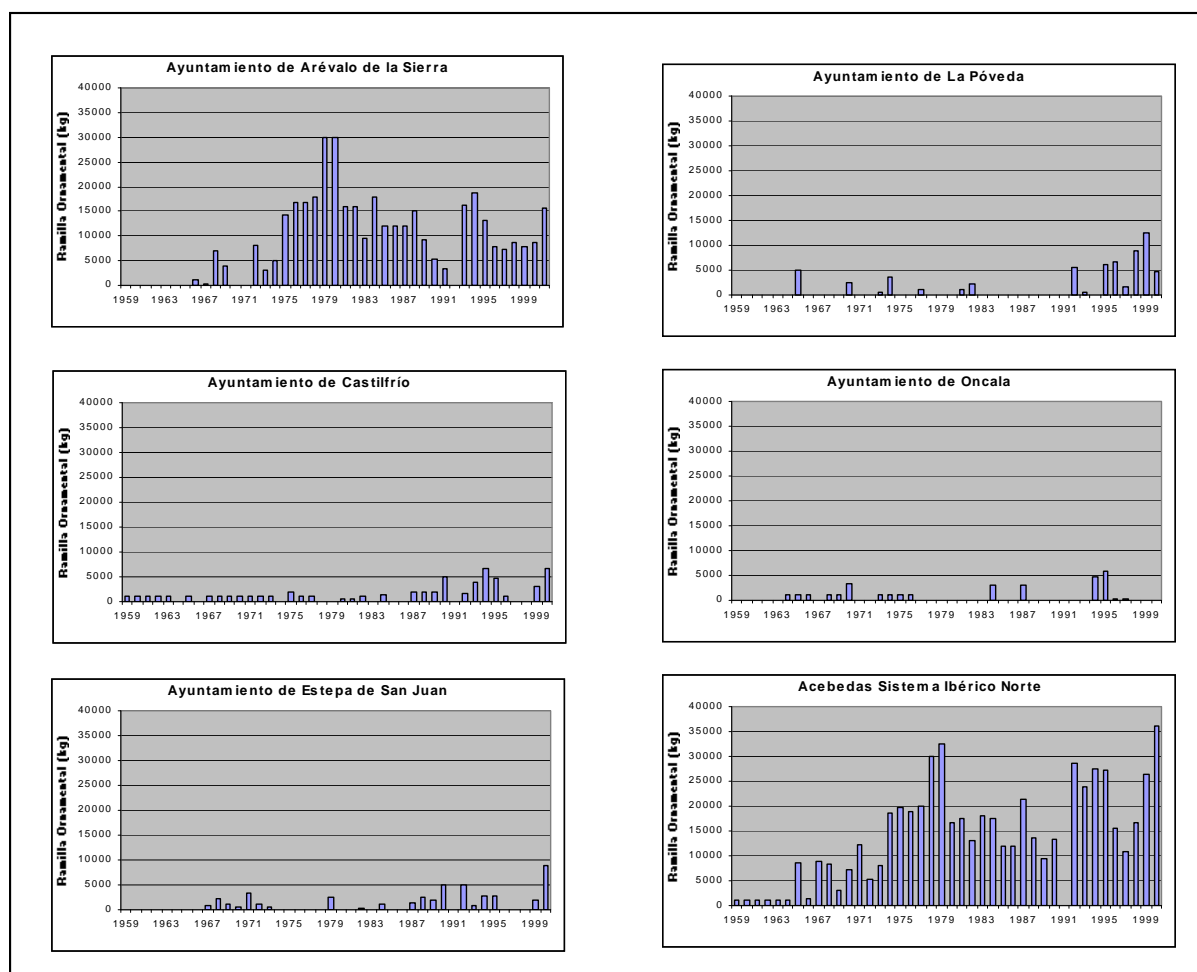


Figura 8.6. Evolución del aprovechamiento de ramilla ornamental en algunas de las principales acebedas del Sistema Ibérico Norte, y del total de la producción en esta zona.

En la figura 8.7 se puede observar la evolución de la producción de ramilla y su destino comercial desde 1992 hasta la actualidad.

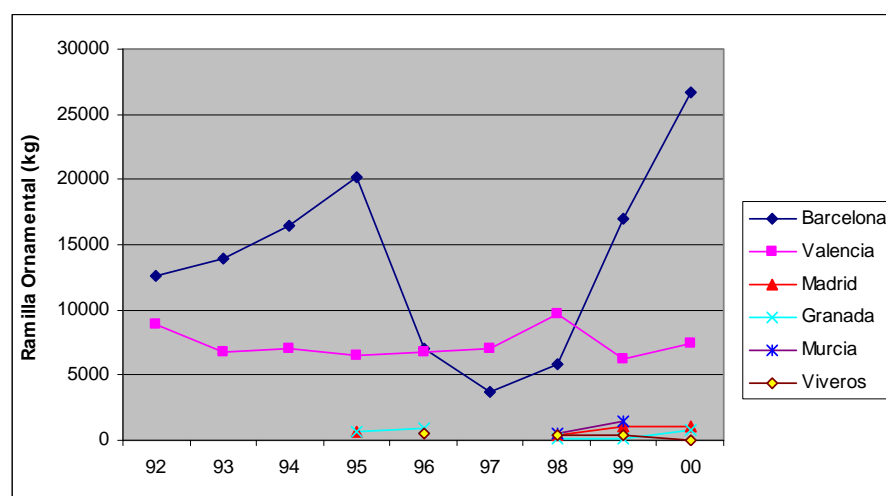


Figura 8.7. Destino de la ramilla ornamental cortada en las acebedas del Sistema Ibérico Norte.



A partir de 1996, después de la publicación del método de producción de planta de acebo por estaquilla desarrollado en esta tesis, se comienza a recoger ramilla de acebo para viveros de la región.

El aprovechamiento se realiza en las primeras semanas de diciembre, se trabaja entre 3 y 15 días de forma discontinua. Los trabajos los llevan a cabo los vecinos del pueblo contratados por el Ayuntamiento para cortar las cantidades de ramilla que ya han sido encargadas.

La corta tradicional se hacía por trasmocho, se cortaban varas de 1 a 1,5 m de longitud de las copas de las cepas de la zona adhesionada de las acebedas. Este sistema de poda era muy polémico debido a su fuerte impacto visual y fue prohibido en las ordenaciones de las acebedas. Desde principios de los años 90 se siguen los criterios de corta descritos en las ordenaciones.

El acebo se vende sin ninguna transformación en gavillas de 10 kg aproximadamente, cuyo precio varía poco entre acebedas. En 1999 el Ayuntamiento de Arévalo de la Sierra vendió la ramilla a 100 pta/kg más los gastos de explotación que suponen aproximadamente otras 100 pta/kg. En la figura 8.8 se puede observar la evolución de los precios de la ramilla ornamental de acebo desde 1975.

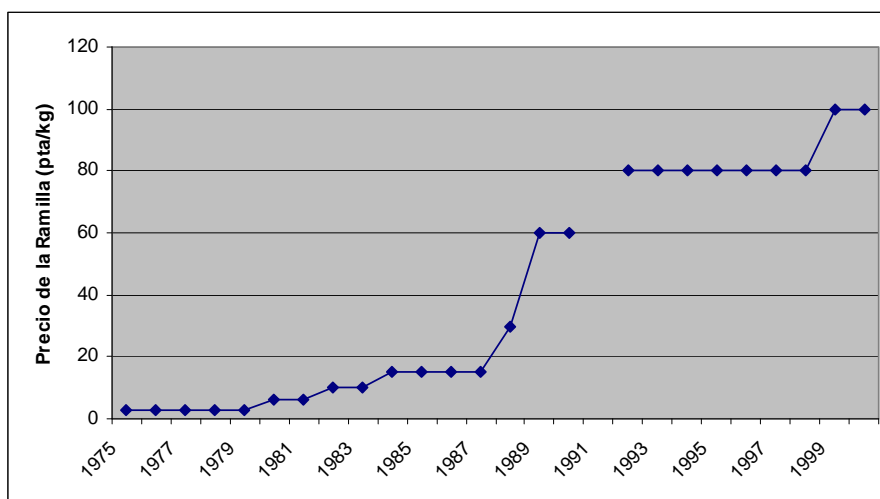


Figura 8.8. Evolución de los precios de ramilla ornamental de acebo en las acebedas del Sistema Ibérico Norte (Datos del Ayuntamiento de Arévalo de la Sierra).

Este aprovechamiento aporta el único ingreso directo que reciben estos ayuntamientos, y aunque su cuantía no sea elevada es importante para estas zonas rurales deprimidas.

El acebo que se produce en estas zonas se utiliza para la elaboración de ramilletes, centros de mesa y coronas navideñas. Este producto es preferido por los floristas al acebo cultivado que llega de las subastas de flores de Holanda, por lo luminoso de sus frutos rojos, más abundantes y agrupados en la ramilla por sus menores crecimientos. El precio que estos adornos de acebo alcanzan en el mercado multiplica generalmente por más de 100 el pagado en origen.

Con el objetivo de cuantificar y racionalizar este aprovechamiento se realizó un estudio de la situación anteriormente descrita y de los aprovechamientos de ramilla ornamental existentes en Estados Unidos y Canadá, un ensayo experimental para estudiar los efectos sobre el acebo de diferentes niveles de intensidad de corta de ramilla ornamental, y se ha elaborado un modelo de producción que permita cuantificar los aprovechamientos potenciales de estas masas.



8.5.2. Características del aprovechamiento de ramilla ornamental en Estados Unidos y Canadá.

En estos países la producción de ramilla ornamental de acebo procede casi en su totalidad de plantaciones de “acebo inglés” (*Ilex aquifolium* L) realizadas para este fin.

En ellas se corta cada año entre una tercera y una cuarta parte de las ramas laterales con frutos existentes en cada acebo. Estas ramas se vuelven a formar en 2-3 años según la climatología de la zona (ROBERTS, 1970).

Una poda excesivamente fuerte puede producir indudablemente efectos fatales sobre el árbol, aunque si hay una buena cosecha se puede cortar más ese año, siendo siempre recomendable dejar al menos una tercera parte en el árbol (ROBERTS, 1970). Según APPLETON *et al* (1996⁶) y ROBERTS & TICKNOR (1970), una corta fuerte reduce drásticamente la producción los tres o cuatro años siguientes, mientras que las cortas ligeras mejoran la calidad y el tamaño de las ramillas y mantiene la producción durante muchos años.

Estos mismos autores recomiendan que se realice la corta en todo el árbol y por igual en todas las ramas, de forma equilibrada en toda la copa, sin desproteger nunca los troncos en la parte baja del acebo.

La corta se debe realizar de acuerdo con la densidad de cada zona de la copa, en las zonas ralas se deben dejar unos pocos cm de la rama cortada para que crezcan nuevos brotes de las yemas latentes que existen en ella, y sin embargo, si el crecimiento es demasiado denso, se deben cortar las rama laterales al ras de la principal para que no aparezcan nuevos brotes a partir de ella (ROBERTS & TICKNOR, 1970).

En general no se define una edad fija de la planta a partir de la cual se puede obtener una cosecha de ramillas de acebo, en algunas zonas del Noroeste se realiza a partir de los 6-8 años y en el Este suelen ser a partir de los 10-15 años (ROBERTS & TICKNOR, 1970). Mientras que en las plantaciones de Oregón los acebos comienzan a producir a los 10-12 años (APPLETON *et al*, 1996⁶).

Se debe cortar ligeramente en los primeros años cuando comience a ser rentable puesto que una poda suave estimula la producción en cantidad y tamaño de hojas y frutos producido, pero esta corta debe de ser muy cuidadosa ya que si se comienza a cortar prematuramente se reduce el vigor y la producción de la planta (APPLETON *et al*, 1996⁶).

8.5.3. Ensayo experimental de intensidad de corta de ramilla ornamental.

Los objetivos de este ensayo son dos: estudiar los niveles de corta que es capaz de soportar el acebo, estableciendo los niveles óptimos de aprovechamiento para ramilla ornamental; y estudiar de forma comparativa la influencia de los actuales procedimientos de corta aplicados sobre el acebo y del trasmocho, poda tradicional realizada durante siglos en la zona donde se realiza el estudio.

8.5.3.1. Metodología

Se utilizaron como punto de partida: las directrices de corta definidas en las ordenaciones de las acebedas y las recomendaciones de los viveristas norteamericanos, y los informes antiguos de los técnicos de la administración sobre los aprovechamientos tradicionales y la propia experiencia de los vecinos de la zona.

Los tratamientos que se han considerado son los siguientes:

1. Corta suave, se efectúa el recorte de ramillas por toda la copa de la cepa con un diámetro medio de 3 cm y una intensidad de corta aproximadamente del 25% de su masa foliar, sin tocar en ningún momento sus guías terminales.



2. Corta fuerte, se cortan ramas y ramillas con un diámetro máximo de 5 cm y una intensidad de corta aproximadamente del 45% de su masa foliar, en este caso sí que se permite la corta de algunas guías terminales de los troncos laterales, pero sin cortar la principales.
3. Trasmucho, se procede a la corta de todas las guías y ramas existentes en la cepa en el 1,5-3 m superiores de la copa, sin realizar ningún recorte de ramillas en el resto de la cepa.
4. Control, sin ningún recorte.

Se establecieron 4 repeticiones de cada tratamiento realizado. Las cortas las llevaron a cabo los vecinos del pueblo durante diciembre de 1995, en la época en la que tradicionalmente se hace el aprovechamiento del acebo para ramillas ornamentales. Ninguna de estas cepas se volvió a aprovechar durante el transcurso de este estudio.

Para la selección de las cepas utilizadas en este experimento en primer lugar se estableció el tipo de planta más adecuado, teniendo en cuenta las posibilidades de elección dentro del monte, el tipo de planta utilizada para el aprovechamiento ornamental, las directrices marcadas por la Ordenación de la acebeda y los objetivos del estudio. Basándonos en estas premisas se seleccionó una planta de tamaño medio, sexualmente madura, preferentemente hembra con una densidad foliar elevada y un aspecto sano y vigoroso. Para su selección se usaron las siguientes características

- Altura máxima entre 7 y 8 m.
- Perímetro a ras del suelo entre 18 y 24 m.
- Perímetro a 1,3 m entre 14 y 21 m.
- Regularidad de la copa.
- Densidad foliar entre 2,5 y 3.
- Sexo femenino.
- Buena accesibilidad.

Se preseleccionaron 34 plantas a lo largo de la Acebeda de Garagüeta que cumplían estas características y entre ellas se eligieron las 16 más homogéneas.

Antes de la realización de los tratamientos, se realizó la medición previa del crecimiento y densidad foliar de estas cepas. Se comprobó estadísticamente que no existían diferencias significativas de partida entre ellas y se realizó por sorteo la asignación de los tratamientos entre las plantas seleccionadas, distribuyéndose estos por tanto al azar.

Las características estudiadas antes y después de la corta anualmente han sido las siguientes:

- El crecimiento longitudinal medio anual de las ramillas no cortadas de la cepa: cada año durante el verano se ha medido el crecimiento de 5 ramillas de acebo a 1,3 m en los 4 puntos cardinales de las cepas tratadas.
- La evolución de la biomasa: ésta se ha realizado estimando el índice de superficie foliar. Este parámetro además de ayudarnos a ver la evolución de la planta en conjunto a lo largo del tiempo, se ha utilizado para cuantificar la intensidad de las cortas. La metodología utilizada para estas mediciones se incluye en el anexo 6.1.
- La floración y fructificación: se ha cuantificado anualmente en otoño el número medio de frutos que aparecían en 5 ramillas situadas a 1,5 m de altura elegidas al azar en cada uno de los puntos cardinales; además durante la primavera y el verano se ha observado la floración de estas cepas para ver si se produce, en qué cuantía, si existe algún retraso o adelanto de la misma entre ellas.
- El número, la posición y el origen de las yemas, adventicias o durmientes, a partir de las cuales se ha producido el rebrote de la planta.



- ❑ El número y la longitud de los nuevos brotes que se observen, así como el tipo de hojas que posean. El seguimiento de estos nuevos brotes permite además estimar el número de años necesarios para producir una nueva ramilla ornamental.

Estas características se han medido antes de realizar las cortas y anualmente durante los tres años siguientes.

8.5.3.1.1. Metodología medición de la Densidad Foliar de las cepas

La medición del índice de área foliar (LAI) nos permite el cálculo de la Densidad Foliar (DF), este se calcula mediante una estimación de la superficie de hojas por unidad de volumen que posee el árbol. La comparación relativa de este índice entre individuos de la misma especie y sobre todo su evolución para cada cepa después de la poda puede ser uno de los parámetros más reveladores del vigor del rebrote y de las pautas de comportamiento de la planta ante el tratamiento efectuado.

Para la estimación del índice de área foliar se ha utilizado un analizador LAI-2000 (Licor, Inc.1991). Este instrumento calcula el índice de área foliar y otros atributos del dosel a partir de una serie de medidas de radiación efectuadas con un sensor óptico.

La visión hemisférica del sensor óptico se proyecta mediante filtros sobre cinco detectores dispuestos en anillos concéntricos. De esta manera el sensor mide simultáneamente la atenuación de la radiación difusa en cinco ángulos cenitales con una orientación entre 0 y 74 °. Además del sensor óptico, el aparato consta también de una unidad de control, la cual recoge, almacena los datos y realiza los cálculos. Esta unidad permite la transmisión y el procesamiento de los datos en un ordenador, mediante un programa informático incluido en el equipo.

Para su utilización es necesario realizar medidas de la radiación dentro y fuera del dosel en el que se quiere estimar el área foliar. Las diferencias entre la radiación dentro y fuera del dosel permite calcular cinco valores de transmitancia, uno para cada anillo, que serán los que sirvan para calcular el LAI. La atenuación en los distintos ángulos permite también conocer la inclinación media de las hojas.

Las medidas realizadas se utilizan para estimar la intercepción de la radiación de la cubierta, a partir de estas es calculado el LAI. Con los datos obtenidos el LAI-2000 se puede estimar la densidad foliar para árboles aislados y el índice de área foliar para cubiertas continuas, el ángulo medio de inclinación de las hojas y la fracción de cielo visible. Entre las ventajas de este método se encuentran la de no ser destructivo y de rápida ejecución.

La conversión de los valores de transmitancia en valores de índice de área foliar se basa en una serie de ecuaciones que se pueden encontrar en MILLER (1967), NORMAN Y WELLES (1983) y LANG (1986) entre otros. El fundamento teórico de tales ecuaciones se basa en la proporcionalidad que existe entre la probabilidad de intercepción por el dosel de un haz luminoso y la densidad del follaje, su orientación y la distancia recorrida por el haz. Para el cálculo del índice foliar el aparato acepta las siguientes hipótesis:

- ❑ El follaje es negro, es decir no son utilizadas todas las radiaciones reflejadas o transmitidas por el dosel.
- ❑ Las hojas están distribuidas al azar dentro del dosel.
- ❑ Las hojas son suficientemente pequeñas comparadas con el área de visión de cada anillo del sensor.
- ❑ La orientación de las hojas es totalmente aleatoria respecto al eje vertical.

Cuanto más nos alejemos de estas premisas, peor será la estimación del índice de área foliar. La precisión con un sola medida en el interior de la cubierta y otra en el exterior generalmente no es suficiente.



Cuando se hacen mediciones en árboles aislados, el método más comúnmente empleado es realizar mediciones alternativamente debajo y encima del dosel. El proceso de medición comienza con una medida fuera del dosel, a continuación se realizan cuantas medidas sean necesarias dentro y fuera del dosel alternativamente, y finalmente se acaba con una medida fuera. La toma de varias medidas fuera permite contrarrestar el efecto del cambio de las condiciones de iluminación durante el proceso de medición.

Cuanto más heterogénea sea la formación, mayor número de medidas necesitaremos. Para determinar el número de medidas que es necesario efectuar debajo del dosel, se realiza un sencillo test que lo determina con un 95% de confianza para un error del índice de área foliar del 10% en la medición.

El proceso para realizar el test es el siguiente: se realiza una estimación del valor del índice de área foliar con una medida fuera de la cubierta al principio, 6 medidas debajo de la cubierta después y finalmente otra medida en el exterior; se calcula el error standard dividido por el valor del índice de área foliar obtenido; y mediante la utilización de tablas se determina el número de medidas mínimo necesario para obtener la precisión deseada.

En nuestro caso el número de medidas necesarias es el mínimo, basta con repetir la medición 2 veces.

Cuando se trata de árboles individuales y no de doseles continuos es necesario medir las coordenadas de una serie de puntos de la envolvente de la copa que nos permitan dibujar la silueta de la copa del árbol para poder estimar el volumen que ocupa la misma y obtener la densidad foliar del árbol mediante el programa de ordenador C2000 (Li-Cor, Inc.1991).

En algunos casos, debido a la asimetría de los árboles, fue necesario reducir el campo de visión del aparato a un ángulo de visión de 45 ° y realizar 4 mediciones por árbol.

Una de las mayores dificultades que se ha encontrado a la hora de realizar este estudio fue la medición de las coordenadas que definen la silueta de los acebos.

La medición de la coordenada vertical de los puntos que definen la silueta de la planta se realizó de forma directa en el campo utilizando un dendrómetro Suunto, mientras que para las coordenadas horizontales se recurrió a la utilización de fotografías, realizándose las medidas sobre ellas con sus correspondientes correcciones.

Para realizar estas medidas nos basamos en el sistema de proyección cónica. Manteniendo el eje de proyección de la imagen horizontal las rectas que se van a proyectar serán paralelas al plano de proyección y mantendrán su paralelismo en la proyección permitiéndonos medir sobre la fotografía realizando una serie de correcciones (IZQUIERDO, 1991). En el anexo 6.1 se explican detalladamente los principios teóricos del sistema de proyección cónica en los que se fundamentan estas mediciones.

El proceso seguido para la medición de las coordenadas horizontales es el siguiente (IZQUIERDO, comunicación personal):

- medimos en la fotografía la distancia d entre las dos estaquillas de referencia, cuya distancia real D es conocida, a través de su cociente se obtiene la escala gráfica de la fotografía E .

$$E = \frac{D}{d}$$

- es necesario también calcular la distancia F existente entre el plano de medida de referencia (estaquillas) y el plano central del acebo sobre el que estamos proyectando; esta distancia la calculamos sumando la distancia real conocida de la referencia al borde del acebo y el diámetro de este calculado siguiendo este mismo método en la fotografía tomada en el plano perpendicular.



- con la medida anterior F y, por semejanza de triángulos calculamos la medida de la proyección de la distancia d sobre el plano central del acebo para calcular un factor de conversión de la escala FC .
- después medimos sobre la foto la distancia de cada punto elegido al eje de referencia p y finalmente multiplicamos las medidas tomadas sobre la foto por la escala calculada E y por el factor de conversión FC resultante de proyectar la medida sobre el plano central del acebo, y obtenemos las distancias reales de cada punto P .

$$P = p \cdot E \cdot FC$$

Se realizó una comprobación del método utilizado con un árbol al cual se le pudieron medir directamente las coordenadas horizontales reales mediante la proyección de su copa en el suelo. Los errores obtenidos en las mediciones realizadas sobre las fotografías no superaban el 2% de error relativo, lo cual representa un error total de aproximadamente 4 cm en las medidas más extremas de las copas de los acebos.

Son necesarias al menos dos fotografías de cada cepa desde dos puntos cardinales contiguos para obtener las cuatro envolventes correspondientes a cada medida del índice de área foliar.

Este trabajo se realizó anualmente en otoño, finalizado el periodo de crecimiento de las cepas. Las fotografías se realizaron todos los años desde el mismo punto y con el mismo objetivo. En el anexo 10 se adjuntan las fotografías realizadas a una de las cepas durante este trabajo con los puntos seleccionados para calcular el volumen de la cepa marcados.

8.5.3.1.2. Realización de los tratamientos

Evaluada la superficie foliar de cada cepa se deduce la cantidad de biomasa que se debe cortar en cada árbol según el tratamiento asignado respectivamente. Los valores obtenidos para cada cepa pueden verse en la tabla 8.5:

Tabla 8.5. Características de las cepas seleccionadas y cantidad de hojas que se deben cortar en cada una según su tratamiento.

Cepa	Volumen (m ³)	Densidad Foliar (m ² /m ³)	Superficie Foliar (m ²)	Tratamiento	Cantidad de Hojas a extraer (m ²)	Proporción relativa
8	72,45	3,05	220,97	Corta suave	55,24	1
11	156,19	2,75	429,52	Corta suave	107,38	2
25	86,21	2,67	230,18	Corta suave	82,54	1,5
2	75,68	2,91	220,23	Corta suave	55,06	1
15	109,31	2,73	298,42	Corta fuerte	134,29	2,4
12	69,53	2,96	205,81	Corta fuerte	92,61	1,7
1	57,87	3,93	227,43	Corta fuerte	102,34	1,8
31	134,72	3,15	423,69	Corta fuerte	130,66	2,3

Ante la dificultad de cuantificar la cantidad absoluta de biomasa que se debe cortar en cada cepa, se recurre a hacer una valoración relativa relacionando las cantidades que se deben extraer de cada una de ellas para tratar de obtener así una mayor homogeneidad al realizar las cortas (Tabla 8.5).

Para la realización de los trasmochos se siguieron las indicaciones de los habitantes de la zona. Se cortó toda la biomasa de la copa del acebo a partir de una determinada altura que se fijó por el diámetro de los troncos, el máximo diámetro cortado fue de 10 cm



aproximadamente y la altura de las guías cortadas oscila entre 1,5 y 3 m. Las ramas laterales de estos acebos trasmochados no se tocaron.

Posteriormente a la realización de las cortas, se comprobó la intensidad de corta real en cada planta mediante la medición de la densidad foliar, obteniéndose los siguientes resultados medios:

Tabla 8.6. Resumen de los resultados de la intensidad de corta según la variación de la densidad foliar (Valores medios de las 4 repeticiones). DF= Densidad Foliar (m^2 de superficie foliar/ m^3 de copa).

Tratamiento	DF Antes	DF Después	Reducción DF (%)	Reducción DF Corregido (%)
Corta suave	2,85	1,92	33 %	19,7 %
Corta fuerte	3,19	1,73	44 %	34,2 %
Trasmucho	2,71	2,15	20 %	8,2 %
Control	2,30	1,93	16 %	0 %

Los datos de densidad foliar medidos en las cepas cortadas se han corregido mediante la variación en los valores de este parámetro para las cepas Control. Se ha calculado la diferencia de densidad foliar antes y después de la corta de las cepas Control y se ha reducido en este valor, que es lo que ha variado la densidad foliar de las cepas Control respecto a la anterior medida, el resto de las medidas realizadas. Posteriormente, se ha calculado de nuevo el porcentaje de variación de la densidad foliar de las cepas en las que se ha cortado.

Se observa que la intensidad de corta de los tratamientos realizados ha sido realmente menor de la planteada teóricamente.

En las cepas trasmochadas se obtiene que ha habido una reducción de masa foliar de tan solo el 8%, pero este valor no es realmente correcto. Al contener las cepas de acebo una gran cantidad de troncos en su centro, las medidas del índice de área foliar no se realizan en el punto central de la cepa, sino en la periferia de estos troncos para evitar su interferencia. Este hecho provoca una fuerte infraestimación de la biomasa cortada en los trasmochos al no valorarse la biomasa en esta parte central que en gran parte coincide con la zona principal de corta de los trasmochos.

8.5.3.2. Resultados.

8.5.3.2.1. Cantidad y composición de la biomasa extraída en los tratamientos.

La totalidad de la biomasa extraída en la poda, tanto la ramilla ornamental como los restos de la corta que normalmente se queman, fue pesada. Se separó en lotes diferenciándose la planta de procedencia y la parte del acebo de la cual fue extraída. Se tomaron una serie de muestras, aproximadamente un 10% de la biomasa total cortada, para estimar la proporción de hojas, ramas, frutos y ramillas, y el cálculo de su peso seco.

Las características de las fracciones de la biomasa consideradas en este ensayo son similares a las utilizadas para el estudio de la biomasa de acebo en el capítulo anterior.

Tabla 8.7. Características de la biomasa extraída al realizar las cortas.

Tratamiento	Biomasa extraída (kg)	Ramilla ornamental obtenida (kg)	% ramas	% ramillas	% hojas	% frutos	% Ramilla ornamental
Corta suave	65,8	50,62	52,0 ± 2,6	27,9 ± 4,6	17,9 ± 3,2	3,1 ± 2,1	48,0 ± 2,6
Corta fuerte	152,8	114,60	23,8 ± 5,1	35,0 ± 6,4	36,9 ± 3,1	4,2 ± 4,6	76 ± 5,1
Trasmucho	184,0	97,38	27,1 ± 2,9	35,2 ± 5,7	30,6 ± 4,5	7,2 ± 4,7	73 ± 3



Del análisis de varianza realizado para estudiar diferencias en la composición de la biomasa cortada entre las zonas de la copa de las cuales procede (alta, media y baja), entre individuos, o entre los distintos tratamientos realizados cabe destacar los siguientes resultados:

- ❑ la proporción de ramas es significativamente mayor en las muestras procedentes de los acebos trasmochados ($\alpha > 95\%$).
- ❑ la proporción de frutos no cambia según las zonas consideradas del acebo.
- ❑ la proporción de hojas es significativamente diferente según la zona de la cepa de la que se recoja la muestra ($\alpha > 95\%$), variando su media entre el 35% para la zona alta, un 30% en la zona media y tan solo un 18% en la zona baja de la cepa.

También puede apreciarse en la tabla 8.7 la diferencia que el rendimiento en cantidad de ramilla ornamental con la corta por trasmucho, tan solo un 53 %, frente a las otras dos cortas realizadas con un 77 % en la más suave y un 75 % en la otra.

8.5.3.2.2. Brotes producidos después de los tratamientos.

Se ha cuantificado el número medio de nuevos brotes por ramilla que se han producido en 5 ramillas elegidas al azar a 1,5 m en cada punto cardinal en las 16 cepas estudiadas, pero dada la gran variabilidad que este parámetro presenta dentro de cada cepa, y de cada orientación incluso, los resultados obtenidos no han sido tan satisfactorios como se esperaba.

El análisis de varianza de estos datos solamente muestra diferencias significativas ($\alpha > 95\%$) entre todos los tratamientos realizados excepto los de corta suave y fuerte. Su agrupación y su valor medio para cada tratamiento se recoge en la tabla 8.8:

Tabla 8.8. Valor medio, desviación típica y agrupación según sus diferencias significativas ($\alpha < 95\%$) mediante el test de Tukey del número medio de brotes por rama de cada uno de los tratamientos estudiados. Los tratamientos que tienen la misma letra no son significativamente diferentes.

Tratamiento	Nº medio de nuevos brotes / rama	Grupos significativamente diferentes
Corta suave	27,8 ± 25,4	A
Corta fuerte	36,2 ± 22,3	A
Trasmucho	6,9 ± 3,8	B
Control	4,1 ± 3,5	C

En las cepas control no se ha producido brotes en el interior de la cubierta foliar de la copa. Los nuevos brotes producidos corresponden solo a las yemas terminales de las ramillas.

En los acebos trasmochados se han producido menos brotes en las ramas laterales que en el resto de los tratamientos, pero en estas cepas se ha producido un tipo de brotes que no aparece en el resto de los tratamientos: los troncos trasmochados han emitido nuevos brotes, fuertes y vigorosos a lo largo del primer metro y medio por debajo del corte.

Estos brotes, 4-5 de media por tronco brotado, aunque existe un 25% aproximadamente de los troncos cortados que no han rebrotado, tienen unas dimensiones de muy variables, desde 1,5 m de longitud y 3-4 cm de diámetro basal los más grandes hasta tan solo un par de cm de largos y apenas unos milímetros de diámetro.

Es común en todas las cepas trasmochadas la aparición de varios nuevos brotes de grandes dimensiones, mayores de 60 cm, con crecimiento muy vigoroso que sustituyen a las guías cortadas.

En los otros dos tratamientos, tanto la corta de ramillas suave como la fuerte, aparece una cantidad de nuevos brotes en las ramas de la cepa muy abundante en todas las zonas de las cepas, aunque en las zonas altas la profusidad de estos brotes es algo menor.



La fisonomía de los nuevos brotes producidos por los dos tratamientos anteriores es similar. Se han producido brotes preferentemente en los extremos de las ramas cortadas a corta distancia de los cortes realizados y a lo largo de las ramillas en las zonas sin hojas. Sus dimensiones son mucho menores que los de los acebos trasmochados, siendo su tamaño medio de unos 4 cm de longitud, aunque algunos llegan a alcanzar los 15 cm. En el anexo fotográfico se incluyen fotografías de brotes representativos de todos los tipos citados.

Fundamentalmente se aprecian dos diferencias entre estos dos tratamientos de corta:

- ❑ en la corta de menor intensidad, las ramas laterales que no han sido podadas no emiten casi nuevos brotes a lo largo de ellas, sin embargo en la corta de mayor intensidad, 45% de la superficie foliar, se produce un gran número de nuevos brotes tanto en las ramas que se han cortado como en las demás de la cepa.
- ❑ la distancia a la superficie de la copa en la que se producen los nuevos brotes es mayor en las cortas realizadas con mayor intensidad, llegando a los 30-40 cm de profundidad, mientras que en las cortas realizadas con una intensidad del 25% de área foliar todos los nuevos brotes producidos aparecen en la superficie de la copa, o como mucho a 5 o 6 centímetros de distancia del extremo de la rama cortado.

En ambos casos, estos brotes proceden de las yemas durmientes existentes en las ramillas en las cicatrices de las inserciones de las hojas caídas. No se han encontrado brotes procedentes de yemas adventicias en estos dos tratamientos.

8.5.3.2.3. Evolución de la fructificación, el crecimiento y la densidad foliar.

A lo largo del seguimiento realizado durante los dos primeros años después de la realización de las cortas, no se ha observado ninguna variación en la fenología del crecimiento, floración y fructificación entre las cepas cortadas y las Control.

En el análisis de la varianza con medidas repetidas del número de frutos medio por ramilla no se han obtenido diferencias significativas para el tipo de corta, ni para su interacción con el tiempo ($p=0,539$ y $p=0,432$ respectivamente). Tan solo aparece significativo ($p=0,018$ $\alpha>95\%$) el factor tiempo con una tendencia decreciente de evolución lineal para el número medio de frutos por ramilla.

En la figura 8.11 se recogen los valores medios obtenidos para el número medio de frutos por ramilla cada año para cada uno de los tratamientos. La producción de fruto no ha decaído debido a las cortas realizadas y todas las cepas, incluidas las control, presentan la misma tendencia con algún grado de vecería.

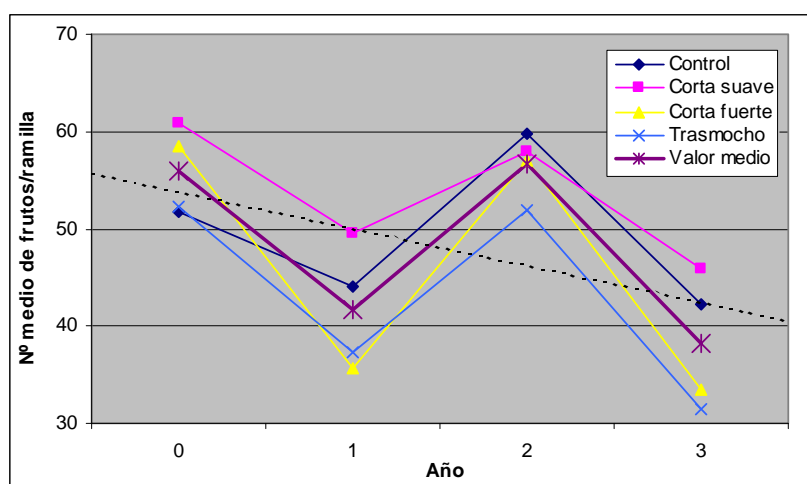


Figura 8.11. Evolución de la fructificación de las cepas de acebo estudiadas. La línea de puntos representa la evolución de la fructificación en el tiempo durante este experimento.



Tampoco para el crecimiento anual en longitud de las ramillas de la cepa a 1,3 m ni para su interacción con el tiempo han aparecido diferencias significativas ($p=0,192$ y $p=0,96$ respectivamente). Solo el factor tiempo presenta diferencias significativas ($p<0,0001$ $\alpha>95\%$) entre años con una tendencia lineal creciente para todos los tratamientos.

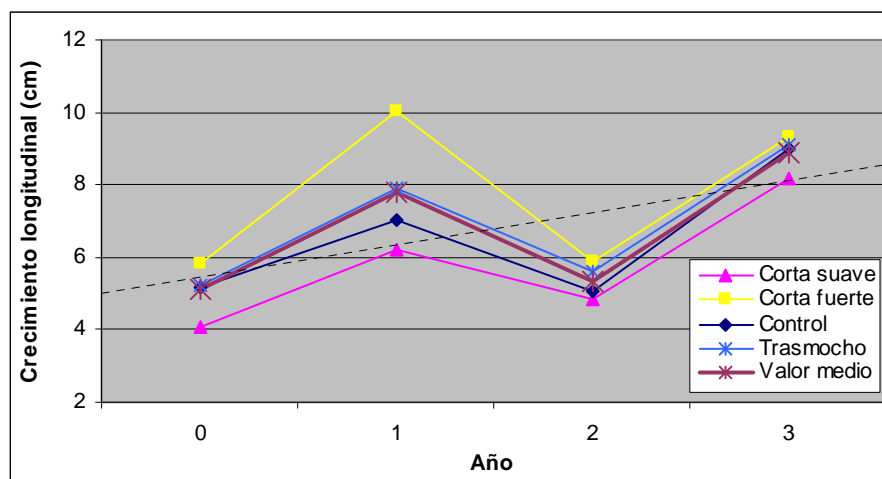


Figura 8.12. Evolución del crecimiento longitudinal de las ramillas laterales del acebo según el tratamiento realizado. La línea de puntos representa la tendencia del crecimiento medio durante el experimento.

El crecimiento longitudinal medio anual de las ramillas laterales fue de 6,8 cm; por tanto estos acebos tardarán en estas condiciones un mínimo de 6 años en volver a formar una nueva ramilla ornamental de 40-50 cm de longitud.

Se ha estudiado también el efecto de las cortas realizadas sobre la evolución de la densidad foliar de la cepa. Tampoco hay diferencias significativas para los tratamientos estudiados. Cabe resaltar la gran variabilidad que presenta este parámetro en las cepas estudiadas. Igual que en los parámetros estudiados anteriormente, solo aparecen diferencias significativas para el tiempo, pero presentando en este caso la densidad foliar una evolución cuadrática. Esta tendencia puede verse dibujada en la figura 8.13.

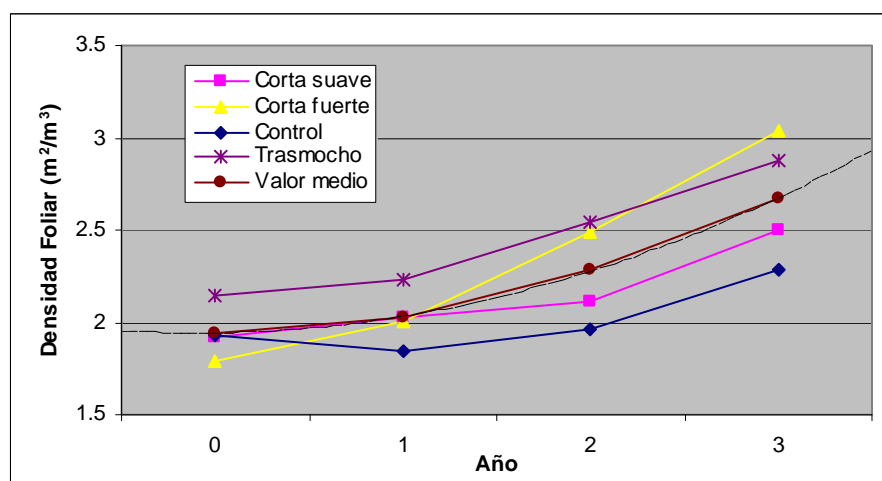


Figura 8.13. Evolución de la densidad foliar de las cepas según el tratamiento realizado. La línea de puntos representa la tendencia de la densidad foliar media durante el experimento.



8.5.4. Modelo de producción de ramilla ornamental.

Las hipótesis necesarias para utilizar un modelo de masa o de clases diamétricas no se cumplen en las acebedas. Son masas claramente irregulares y con una desigual cobertura de la superficie, por lo que no es posible asumir las hipótesis de regularidad de la masa y ocupación completa del rodal que estos modelos exigen. Además, tampoco se consideran estos modelos adecuados para cumplir los objetivos marcados con en este trabajo, ya que sus resultados van encaminados a determinar variables de masa que definen la producción conjunta de todo el rodal. Por ello, se ha tratado de realizar el ajuste de un modelo de producción de árbol individual.

Se han desarrollado las ecuaciones de crecimiento individual en altura y en diámetro para árboles aislados que describen el crecimiento máximo que, sin competencia, un árbol de una determinada edad tendría en una localización concreta y no se han estudiado las relaciones existentes entre cepas creciendo en diferentes que permitiría extender las ecuaciones de crecimiento a toda la masa. No se ha considerado justificado el esfuerzo de elaboración de la función reductora, para la cual se necesitaría un número de datos muy elevado, ya que el aprovechamiento de ramilla ornamental se centra precisamente en los árboles que crecen en la zona adeshada de la acebeda libres de competencia, o con una competencia mínima.

Tampoco se ha considerado una función de mortalidad, puesto que solamente se pretende realizar predicciones a corto plazo de la producción de ramilla ornamental y además, al tratarse de cepas con capacidad de rebrotar y acodarse, se produce la muerte de algunos troncos dentro de la cepa, pero la longevidad de las mismas es muy elevada, pudiendo superar como mínimo los 250 años (PETERKEN, 1965).

Para la predicción de la producción de ramilla ornamental es necesario aún considerar otras ecuaciones o modelos específicos que relacionen estas funciones de crecimiento generales con los fines concretos buscados, como la evolución del diámetro de la copa y los modelos de producción de biomasa desarrollados.

Todas estas ecuaciones y modelos se han desarrollado en los capítulos anteriores dedicados al estudio de la biomasa y el crecimiento, este capítulo se dedicará a la integración de cada una de las ecuaciones en el modelo y su utilización en la práctica.

No se ha considerado interesante ensayar ecuaciones de cubicación y de crecimiento corriente para esta especie. La escasa extensión de estas masas, el hecho de ser una especie protegida y el que en ningún caso se consideren en la ordenación de las acebedas los aprovechamientos de madera para la especie, por su lento crecimiento y las pequeñas escuadrías que presenta esta especie no permiten otros usos que los tradicionales de leñas, tornería y obtención de varas para herramientas.

Realizando el aprovechamiento de ramilla ornamental mediante el recorte de ramillas por toda la superficie de la copa con un diámetro medio de corte de 3 cm se puede considerar una aproximación fiable que la chasca es la fracción de la biomasa que representa la potencialidad de ramilla ornamental que posee la cepa, y a partir de esta cantidad de biomasa se puede obtener la posibilidad de ramilla ornamental que se puede extraer de la cepa.

A su vez, la ecuación de crecimiento de las cepas permite estimar las dimensiones de las cepas de acebo en el futuro, para finalmente inferir cual será su producción de ramilla ornamental.

Las ecuaciones que integran este modelo son las desarrolladas en el capítulo anterior para el crecimiento de las cepas y la estimación de la biomasa de chasca, que se resumen en las tablas 8.9 y 8.10.



Tabla 8.9. Curvas ajustadas mediante el modelo de Richards por regresión no lineal con el método de Mardquart a la altura (m) y por regresión lineal al diámetro (cm) de las cepas de acebo de la zona adherada, su error medio residual (\bar{e}), su coeficiente de determinación (R^2), el número de datos utilizado en el ajuste (n), el valor medio de la variable dependiente (\bar{x}), en este caso, la edad de la cepa, y su desviación estándar (S_x). Donde: d , es el diámetro de copa (m); h , es la altura total (m); y t es la edad del árbol.

Modelos de Crecimiento de las Cepas									
Altura (m)			Diámetro de copa (m)					Variable explicativa	
Modelo	\bar{e}	n	Modelo	R^2	\bar{e}	n	\bar{x}	S_x	
$h = 9,440992 \cdot (1 - e^{-0,03346 \cdot (t - t_{1,5})})^{1/0,970}$	0,48	16	$Dc = 0,165706 + 0,821593 \cdot h$	96%	0,39	32	63	37	

Tabla 8.10. Modelo ajustado para el peso verde de chasca de las cepas de acebo de la zona adherada. Se incluye su coeficiente de determinación ajustado (R^2), su error medio residual (\bar{e}), el número de datos utilizado en el ajuste (n), el valor medio de la variable dependiente (\bar{x}), en este caso, la altura de la cepa, su desviación estándar (S_x) y su factor de corrección para pasar de unidades logarítmicas a aritméticas. Donde: $Ln(pv)$, es el logaritmo neperiano del peso verde, con el peso verde en kg; y h , es la altura total (m).

Modelo de producción de Chasca de las Cepas							
Modelo	R^2	\bar{e}	n	\bar{x}	S_x	Factor de corrección	
$Ln(pv) = 0,78514 - 0,042401 \ln h^2 + 1,04795 \ln h$	98,1	0,18	16	4,2	2,62	1,13078547	

Dado el escaso número de puntos utilizado para el ajuste de estos modelos debe tenerse en cuenta que en las estimaciones puntuales para un solo árbol pueden cometerse errores importantes. Por ello, han de considerarse los valores que estos proporcionan como cifras orientativas de producción media, más aún teniendo en cuenta que no se ha contado con un grupo de datos externos para validar adecuadamente los modelos.

La inferencia que se puede realizar con este modelo puede estar destinada a la estimación del peso verde medio de ramilla ornamental que poseen las cepas de una determinada altura o al peso de ramilla ornamental de una determinada cepa que presenta dicha altura. En el primer caso, se estima la esperanza matemática de la variable explicada y la incertidumbre en la estimación de los coeficientes del modelo. Mientras que en el segundo caso, se trata de predecir el valor de la variable estimada para un individuo cualquiera, por lo que la incertidumbre del primer caso hay que sumar el propio error residual.

El estimador de la esperanza condicionada del peso o volumen del árbol lo proporcionan las funciones de estimación de la biomasa anteriormente expuestas, aplicando el factor de corrección correspondiente. En PEÑA (1994) pueden encontrarse las expresiones de sus correspondientes intervalos de confianza. Una vez calculados sus límites para el logaritmo del peso, se deshace la transformación obteniendo el correspondiente intervalo en términos aritméticos.

En el anexo 6.2 se incluyen varios ejemplos de inferencia con el modelo de producción de ramilla ornamental propuesto.

8.5.4.1. Comprobación con el modelo propuesto de las intensidades de corta del ensayo de niveles de corta de ramilla ornamental.

Posteriormente a la realización del ensayo de niveles de corta de ramilla ornamental, una vez terminados los modelos de crecimiento y biomasa de las cepas de acebo se ha realizado una comprobación de las intensidades reales de ramilla cortadas en cada una de las cepas estudiadas mediante este modelo.



En la tabla 8.11 se resumen los resultados obtenidos para cada una de las cepas y tratamientos estudiados.

Tabla 8.11. Intensidad de corta de los tratamientos realizados en el ensayo de corta de ramilla ornamental aplicando el modelo de producción de ramilla propuesto.

Tratamiento	Cepa	Altura	Ramilla cortada	Chasca estimada	% de ramilla extraída
Corta suave	11	5,75	41,20	223,40	18,4
Corta suave	25	6,25	59,29	292,52	20,3
Corta suave	8	5,75	50,05	223,40	22,4
Corta suave	2	5,75	51,98	223,40	23,3
Corta suave	Media	-	50,63	-	21,1
Corta fuerte	1	6,4	115,13	315,85	36,5
Corta fuerte	12	5,67	71,06	213,55	33,3
Corta fuerte	15	6,25	169,88	292,52	48,1
Corta fuerte	31	6,75	102,38	374,99	27,3
Corta fuerte	Media	-	114,61	-	38,8
Trasmocho	20	7,25	86,92	470,63	18,5
Trasmocho	26	6,9	58,30	421,21	13,8
Trasmocho	17	7,5	203,52	523,07	38,9
Trasmocho	34	6,75	40,81	374,99	10,9
Trasmocho	Media		97,39	-	20,5

Según estos valores medios obtenidos para los tratamientos realizados, la intensidad de corta real aplicada a las cepas estudiadas ha sido menor de la planteada teóricamente en el experimento. Estos resultados concuerdan con los obtenidos al comparar la densidad foliar antes y después del tratamiento.

Con esta comprobación mediante la cantidad media de ramilla ornamental que poseen las cepas se ha podido deducir con fiabilidad, ya que en este caso el método de la densidad foliar no servía, la intensidad de corta que suponen los trasmochos, obteniéndose un valor medio del 20,5 % de su biomasa de chasca.

8.5.5. Discusión

De acuerdo con las estimaciones realizadas mediante la reducción de la densidad foliar medida con el LAI 2000, y el modelo de producción de chasca de las cepas de acebo con el tratamiento denominado de corta suave, la intensidad de corta ha sido aproximadamente del 20% de su masa foliar, y no del 25% como se había planteado, y en el caso de las cortas fuertes ha sido de un 35%, en vez del 45%.

Las cortas de ramilla realizadas no han influido significativamente sobre el crecimiento de las ramillas laterales, la fructificación o la evolución de la densidad foliar de las cepas tratadas, y por tanto, no se han producido efectos negativos en estas características.

Sin embargo, la cantidad de brotes producidos tras la corta de ramilla ornamental, su localización y tamaño difiere considerablemente según el tipo e intensidad de corta realizados.

Las cortas realizadas por recorte de ramillas en toda la copa de la cepa, producen una revitalización de estas ramas al brotar las yemas durmientes de las mismas, sin embargo con el trasmocho este efecto no se produce.

Además, con el recorte de ramas laterales se está reduciendo, o al menos retardando, la extensión superficial de las copas de las cepas de acebo. Este hecho puede ser especialmente interesante en las zonas donde exista escasez de pasto o una elevada densidad de cepas.



Otra diferencia entre las tres cortas realizadas es el tipo y la cantidad de los productos obtenidos. Con los trasmochos se obtiene una menor cantidad de ramilla ornamental, el rendimiento en ramilla ornamental de la biomasa cortada es menor en ellos por cortarse mayor porcentaje de ramas. Además, en este tratamiento se cortan las partes finales de los troncos del acebo, denominadas “cogollas”, que son muy apreciadas en el mercado. En las cortas fuertes también se han obtenido cogollas, aunque en mucha menor cantidad.

Mediante las cortas tradicionales por trasmucho se cambia sustancialmente la forma de la planta, se pierde una parte de la superficie de copa existente, con lo que se pierde capacidad para producir nuevas ramillas, y además, se ejerce un mayor impacto paisajístico. El recorte de ramillas hasta el 22% de intensidad de corta no produce cambios a simple vista de la copa de las cepas cortadas. En las cepas con un 35% de masa foliar extraída, solo se detecta la existencia de cambios en la copa comparando con una imagen de la cepa antes del tratamiento, sin embargo en los trasmochos, durante los primeros cuatro años al menos, la realización de estas cortas es claramente perceptible.

Los trasmochos no parecen la forma más recomendable, en general, de aprovechar las cepas.

Según los estudios realizados en las plantaciones de acebo norteamericanas (ROBERTS & TICKNOR, 1970) se puede podar anualmente las plantas con una intensidad del 33 %. En estas masas no sería aplicable esta intensidad de corta aplicada anualmente, ya que al tercer año no existirían en las cepas ramillas de más de 20 cm de longitud.

Para acebedas de superficie reducida, sería interesante estudiar la intensidad de corta que permita cortar anualmente o cada dos años en las mismas cepas. De este estudio no puede deducirse cual sería el efecto de cortas anuales sobre una misma cepa, ya que solo se ha realizado una corta puntual. Sin embargo se puede afirmar, que si se corta anualmente en una misma cepa no se podrá cortar más de 1/6 de su masa foliar anualmente por las mismas razones anteriormente aducidas.

Por tanto, teniendo en cuenta los crecimientos obtenidos para las ramillas de acebo y manteniendo el actual sistema de cortas de las ordenaciones, se puede recomendar la reducción del periodo de rotación, pasando de los nueve años actuales a solamente 6-7, y aumentar el porcentaje de corta hasta un 35-40% de masa foliar de la cepa.

También se puede aceptar la corta de algunas de las guías de la cepa, siempre que se entresaquen y no modifiquen la forma ni las dimensiones de la copa. Por otro lado, parece razonable que se corte ramillas en toda la superficie de la copa siguiendo las recomendaciones de los viveristas norteamericanos, para obtener unas densidades adecuadas en el follaje, y sin dejar al descubierto en ningún momento los troncos en sus zonas bajas.

El inminente cambio de la legislación, que actualmente prohíbe la comercialización de estas ramillas ornamentales en Castilla y León, supondría un considerable beneficio para estas masas, puesto que favorecería la creación de empresas locales para la comercialización de la ramilla quedándose en la comarca el valor añadido que genera la elaboración de adornos florales con estas ramillas y permitiendo el desarrollo de nuevos productos, como cuadros de acebo seco, marcapáginas o coronas de hojas de acebo, en los que se pueden utilizar hojas y ramillas sin frutos procedentes de cepas macho que actualmente no se cortan.

Otro cambio interesante que no conllevaría problemas añadidos, siguiendo la filosofía de las plantaciones realizadas en Norteamérica (ROBERTS & TICKNOR, 1970), es la ampliación de la época de recolección, el acebo madura en estas zonas durante el otoño y el principio del invierno y se podría disponer de más tiempo para la elaboración de los productos y su transporte a los mercados.

Finalmente, resultaría interesante la elaboración de una ecoetiqueta que acompañara a estos productos para contrarrestar los efectos que ha tenido sobre la opinión pública las campañas ecologistas en contra de estos productos, que se ha demostrado no suponen ningún



perjuicio para las acebedas, sino al contrario. Se debe concienciar a la población urbana de que la corta de ramilla ornamental de acebo es un aprovechamiento sostenible que genera riqueza y ayuda a la conservación de las acebedas, siendo compatible con el pastoreo, la caza, el turismo, etc.

8.6. APROVECHAMIENTO DE LEÑAS

La corta de leña de acebo cesó en las acebedas del Sistema Ibérico Norte aproximadamente hacia 1965, coincidiendo con el éxodo de la población rural de estas zonas hacia las ciudades. A partir de 1975 existe la certeza de que no ha existido ninguna corta de acebo para este fin en estos montes. La evolución histórica del aprovechamiento de leñas en el acebal de Garagüeta desde 1896 puede observarse en la figura 8.14.

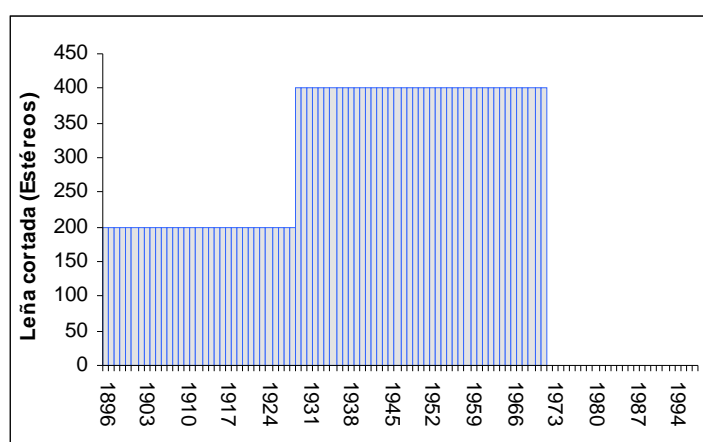


Figura 8.14. Evolución histórica del aprovechamiento de leñas en el acebal de Garagüeta desde 1896.

Consta en documentos antiguos del Ayuntamiento de Arévalo de la Sierra que históricamente las costumbres del lugar permitían a cada vecino sacar dos carros de leña al año: un carro de leña seca de espinos, aulagas y acebos en mayo o junio, consiguiendo de esta manera una limpieza del monte; y un segundo carro de leña verde para el invierno, cortándose ésta a matarrasa en otoño en la parte densa del monte, respetando siempre arces y robles.

En las acebedas del Sistema Ibérico Norte no se ha encontrado ningún documento que acredite cortas de madera con un destino diferente al aprovechamiento tradicional de leñas. Dadas sus buenas características para su utilización en ebanistería, tornería, marquetería o lutería, se deberían desarrollar productos, de uso tradicional o nuevos que revalorizaran estas pequeñas escuadrías de acebo.

El grado de deterioro y decaimiento existente en las zonas densas, estando afectados numerosos pies por fenómenos de puntisecado hace aconsejable la realización de claros en estas masas. Con estos tratamientos se producirían leñas, y la legislación reconoce el derecho de los propietarios del monte a su venta.

Por eso, parece interesante desarrollar un modelo de producción de leña que ayude a prever cual puede ser la producción de estas masas. Se trata de un modelo de árbol individual similar al desarrollado en el apartado anterior para la ramilla ornamental.

Las ecuaciones que integran este modelo son las ajustadas en los capítulos de biomasa y crecimiento para los chirpiales y las cepas de acebo en las distintas zonas de la masa. Se resumen en las tablas que se adjuntan a continuación.



Tabla 8.12. Curvas ajustadas mediante el modelo de Richards por regresión no lineal con el método de Mardquart a la altura (m) y el diámetro (cm) de los chirpiales de acebo de cada una de las zonas estudiadas y su error medio residual (\bar{e}). Donde: d , es el diámetro normal (cm); h , es al altura total (m); y t es la edad del árbol.

Modelos de Crecimiento de los chirpiales				
Zona de Aplicación	Altura (m)		Diámetro normal (cm)	
	Modelo	\bar{e}	Modelo	\bar{e}
Zona Densa. Estrato 1	$h = 4.4089 \cdot (1 - e^{-0.0136 \cdot t})^{1/1.1047}$	0,63	$d = 12.73 \cdot (1 - e^{-0.0139 \cdot t})^{1/0.8875}$	0,27
Zona Densa. Estrato 2	$h = 7.7092 \cdot (1 - e^{-0.0215 \cdot t})^{1/0.8963}$	0,49		
Zona Densa. Estrato 3	$h = 8.4058 \cdot (1 - e^{-0.0371 \cdot t})^{1/0.7674}$	0,67		
Zona Densa. Estrato 4	$h = 10.5043 \cdot (1 - e^{-0.0189 \cdot t})^{1/0.7483}$	0,52		
Zona Densa. Sestiles			$d = 23.41 \cdot (1 - e^{-0.00816 \cdot t})^{1/0.7329}$	0,25
Zona Adehesada	$h = 10.5065 \cdot (1 - e^{-0.0151 \cdot t})^{1/1.0332}$	1,25	$d = 38.88525 \cdot (1 - e^{-0.0064 \cdot t})^{1/0.8788}$	0,11

Tabla 8.13. Modelos ajustados a cada una de las fracciones de biomasa de los chirpiales de acebo para las zonas definidas. Se incluye su coeficiente de determinación ajustado (R^2), su error medio residual (\bar{e}) y su factor de corrección para pasar de unidades logarítmicas a aritméticas. Donde: $\ln(pv)$, es el logaritmo neperiano del peso verde, con el peso verde en kg; d , es el diámetro normal (cm); y h , es al altura total (cm).

Modelo de producción de leña para los chirpiales					
Fracción de biomasa	Zona de Aplicación	Ecuación del modelo	R^2	\bar{e}	Factor de corrección
Leña Fina	Zona Densa. Estrato 1	$\ln(pv) = 0,0976084 + 0,2721120h + 0,348147d^2 - 0,0298226d^3 - 0,857334d$	81.3	0.22	1,17204900
	Zona Densa. Estratos 2, 3 y 4	$\ln(pv) = -2,8324 - 1,08007h + 2,62873d - 0,347858d^2 + 0,0142123d^3 - 0,013344h^3 + 0,226793h^2$	84.1	0.22	1,16303678
	Zona Adehesada	$\ln(pv) = 0,454204 + 0,32677d - 0,01702d^2 + 0,000308733d^3 + 0,00000833174h^2 - 7054167E-9h^3$	81.4	0.33	1,22541799
Leña Gruesa	Zona Densa. Estratos 2, 3 y 4	$\ln(pv) = -7,88849 - 0,159324d^2 + 0,190947h + 0,00407869d^3 + 2,18332d$	95.1	0.13	1,08627401
	Zona Adehesada	$\ln(pv) = -0,783627 + 0,401644d + 0,00114315h - 0,0082942d^2$	92.4	0.18	1,12987047

Tabla 8.14. Curvas ajustadas mediante el modelo de Richards por regresión no lineal con el método de Mardquart a la altura (m) y por regresión lineal al diámetro (cm) de las cepas de acebo de la zona adehesada, su error medio residual (\bar{e}), su coeficiente de determinación (R^2), el número de datos utilizado en el ajuste (n), el valor medio de la variable dependiente (\bar{x}), en este caso, la edad de la cepa, y su desviación estándar (S_x). Donde: d , es el diámetro de copa (m); h , es al altura total (m); y t es la edad del árbol.

Modelos de Crecimiento de las Cepas								
Altura (m)			Diámetro de copa (m)				Variable explicativa	
Modelo	\bar{e}	n	Modelo	R^2	\bar{e}	n	\bar{x}	S_x
$h = 9,440992 \cdot (1 - e^{-0,03346 \cdot (t-t_{1,5})})^{1/0,970}$	0,48	16	$Dc = 0,165706 + 0,821593 \cdot h$	96%	0,39	32	63	37



Tabla 8.15. Modelos ajustados a cada una de las fracciones de biomasa de leñas de las cepas de acebo de la zona adehesada. Se incluye su coeficiente de determinación ajustado (R^2), su error medio residual (\bar{e}) y su factor de corrección para pasar de unidades logarítmicas a aritméticas. Donde: $\ln(pv)$, es el logaritmo neperiano del peso verde, con el peso verde en kg; y h , es la altura total (m).

Modelos de Producción de Leña de las Cepas				
Fracción de la Biomasa	Modelo	R^2	\bar{e}	Factor de corrección
Leña Fina	$\ln(pv) = -0,107129 + 0,824756h$	95,4	0,34	1,26815933
Leña Gruesa	$\ln(pv) = -2,61782 + 1,99885h - 0,101681h^2$	97,6	0,31	1,24182429

El ámbito de aplicación de estos modelos se circunscribe a aquellas masas de acebo homogéneas con la estudiada, tanto climática como ecológicamente, siempre que se encuentren comprendidas en el rango de edades y densidades avalado por los datos que se han utilizado para la elaboración de cada modelo. Los límites de aplicación de cada uno de los modelos y de sus correspondientes estratos se resumen en la tabla 8.16.

Tabla 8.16. Rango de aplicación de los modelos elaborados.

	Densidad (Nº de pies/ha)	Edad	Altura de dosel (m)	Diámetro cuadrático medio (cm)
Estrato 1	(55.000 , 36.000)	(1 , 92)	(3.45 , 5.90)	(3.0 , 6.9)
Estrato 2	(36.000 , 26.000)	(1 , 87)	(2.90 , 7.70)	(3.9 , 9.2)
Estrato 3	(26.000 , 19.000)	(1 , 66)	(5.15 , 9.50)	(5.1 , 8.5)
Estrato 4	(19.000 , 8.000)	(1 , 98)	(4.00 , 9.20)	(4.8 , 14.0)

Los modelos ajustados para la zona adehesada se pueden aplicar a aquellas cepas de acebo que crezcan sin competencia lateral en masas abiertas de acebo hasta una edad de 125 años y con alturas inferiores a 10 m.

La inferencia en estos modelos se realiza de forma análoga a la utilizada para el modelo de producción de ramilla ornamental. La única diferencia destacable es el cálculo del número equivalente de observaciones (n_h), que en el caso de existir varias variables es diferente (PEÑA, 1995).

9. TRATAMIENTOS SELVÍCOLAS



9. TRATAMIENTOS SELVÍCOLAS

9.1. INTRODUCCIÓN.

Se ha establecido un dispositivo experimental con tratamientos selvícolas en la acebeda de Garagüeta. La actual falta de aprovechamientos y tratamientos de estas masas hace que las acebedas tengan zonas de futuro cuestionable: masas excesivamente densas con crecimientos estancados, abundancia de pies muertos y gran peligro en caso de incendio. Las zonas adehesadas, en cambio tienen una situación y estado sanitario mejor, ya que en ellas se realizan los aprovechamientos de ramoneo y de ramilla ornamental.

Se presenta una descripción del dispositivo experimental de tratamientos selvícolas realizado para su estudio a largo plazo, así como los resultados obtenidos al realizar los tratamientos.

9.2. TRATAMIENTOS SELVÍCOLAS EXPERIMENTALES REALIZADOS.

9.2.1. Resalveo para la liberación de la competencia intraespecífica.

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, los cuales indican que el acebo es capaz de responder con vigor a las acciones antrópicas, y basándonos en la experiencia de los estudios existentes en otras masas, igualmente en estado de monte bajo y con elevadas espesuras, como son las de *Quercus pyrenaica*, se han seguido las directrices marcadas por SERRADA (1996).

Para su realización se seleccionó una zona de características medias de la zona densa de la acebeda en la cual se establecieron 9 parcelas cuadradas de 10 m de lado separadas entre sí por pasillos de 4 m.

Se aplicaron tres tratamientos: control, claras mixtas y claras bajas, cada uno con tres réplicas. Ambas claras se hicieron con el mismo peso: el 50% del área basimétrica, límite máximo de clara que se recoge para este tipo de masa, debido a la capacidad de rebrote del acebo y a que gran parte de la masa ha extraer está muerta. La asignación de las parcelas a los tratamientos se ha realizado agrupando estas de tres en tres de acuerdo con su localización respecto a la zona por donde accede el ganado y a la pendiente, y sorteando el tratamiento que se asignaba a cada grupo.

Antes de la realización de las claras se procedió a la realización de un inventario en el cual se midieron las siguientes características: número de pies, diámetro, altura, posición sociológica de cada pie, número de cepas reconocibles y pies que las integran, vegetación acompañante, regeneración, fisiografía...

El momento elegido para efectuar la intervención fue en invierno, en diciembre de 1995 y enero-febrero de 1996, a la vez que se realizan las cortas del aprovechamiento ornamental, para concentrar los trabajos a pesar de que el rebrote será mayor que si se realizara la clara en el periodo vegetativo.

En las claras bajas se calculó el diámetro medio que representaba el 50% del área basimétrica y se procedió a la corta sistemática de todos los pies de diámetro inferior a este, ajustándose después el 50% con una selección de pies de este diámetro límite calculado, repartidos de forma que se uniformizase lo más posible la cubierta en toda la parcela. Se trató



de interferir lo menos posible en la realización de estos trabajos dejando libertad en su realización al capataz y los trabajadores forestales.

En las claras mixtas se procedió al marcado y posterior corta de los pies, secos y puntisecos, al aclarado de las zonas más densas, y a la corta de los pies más finos claramente dominados; posteriormente se ajustó el porcentaje de clara definido mediante la corta de pies de diámetros pequeños en las zonas donde aún la densidad era excesiva.

A la vez que se realizaban los trabajos de claras se llevó a cabo un estudio de los rendimientos, los productos extraídos y los costes, para lo cual se midieron los tiempos necesarios para cada tarea. También se preparó y apiló la leña en pilas de diferentes dimensiones, para estudiar su coeficiente de apilado y el trabajo necesario para la eliminación de residuos. Los resultados de estos estudios no se incluyen en esta tesis y han sido publicados en GARCÍA (1999).

A continuación, se incluyen en las tablas 9.1 y 9.2 los resultados obtenidos en la realización de las claras, en las medidas realizadas antes y después de la clara y las características de la masa extraída.

Tabla 9.1. Características medias de la masa de las parcelas experimentales antes y después de la realización del resalveo.

Tipo de clara	Masa antes de la clara			Masa después de la clara		
	Densidad (Nº de pies/parcela)	Área basimétrica (m ² /ha)	Diámetro medio (cm)	Densidad (Nº de pies/parcela)	Área basimétrica (m ² /ha)	Diámetro medio (cm)
Clara baja	199	55,54	5,8	52	29,12	8,5
Clara mixta	326	52,19	4,5	55	30,40	8,5

Tabla 9.2. Características de la masa extraída en las claras. (Datos medios por parcela).

Tipo de clara	Nº de pies	Peso de la clara (nº de pies)	Área basimétrica (dm ²)	Peso de la clara (área basimétrica)	Diámetro medio (cm)	Leñas	
						(kg)	(estéreos)
Clara baja	147	74,1 %	26,42	47,6 %	4,8	717	1,60
Clara mixta	271	82,0 %	21,79	42,1 %	3,2	639	1,37

Con posterioridad a la realización de la clara se midió, numeró y localizó en un plano la masa residual de cada parcela. Cinco años después de realizados los resalveos se realizará una primera medición de la masa para estimar los primeros resultados.

9.2.2. Resalveo en cepas con claros síntomas de decaimiento.

Se seleccionaron ocho cepas con puntisecado de sus pies centrales y muy ramosas en sus copas en zonas con tangencia con otras cepas y distribuidas por toda la masa. En cuatro de ellas se cortaron los pies puntisecos y con síntomas de defoliación, y las otras cuatro sirvieron de control, la asignación de tratamiento se realizó por sorteo. El resalveo se realizó en otoño de 1997. En el anexo 2.2 puede verse su localización, y en el anexo 10 se incluyen las fotografías de una de estas cepas antes y después de la realización del tratamiento.

La cuantificación de la biomasa extraída se realizó por tres métodos: se pesó la biomasa extraída; se midieron las secciones transversales a 1,3 m; y se estudió la disminución de la densidad foliar de la cepa con LAI 2000 siguiendo la metodología descrita en el apartado 8.5.3.1.2. En la tabla 9.3 se recogen los valores medios de la densidad foliar antes y después de la corta. La densidad foliar media de las cepas sanas es de 2,74 m²/m³.



Tabla 9.3. Densidad foliar media de las cepas antes y después del tratamiento.

	Densidad Foliar Antes de la corta (m ² /m ³)	Densidad Foliar Después de la corta (m ² /m ³)	Reducción Densidad Foliar
Cepas Control	1,98	2,39	32,1 %
Cepas Tratadas	2,09	1,19	0 %

La cantidad de biomasa extraída es mucho mayor del 32% obtenido mediante la medición de la densidad foliar, ya que se ha extraído un gran porcentaje de troncos y ramas que el LAI 2000 no mide. Se ha cortado una media de 4,3 pies por cepa con un diámetro cuadrático medio de 18,5 cm y con un peso verde de 876 kg de biomasa por cepa, lo que supone un 65% de la suma de secciones transversales a 1,3 m inicial de la cepa, quedando una suma de secciones normales media en la masa residual de 59,8 dm².

En ellas se ha realizado un seguimiento anual en el que se miden las siguientes características: el crecimiento longitudinal medio anual de las ramillas, la evolución de la densidad foliar, la floración y fructificación, el número y la longitud de los nuevos brotes. La metodología seguida para estas mediciones es la misma que la del apartado 9.5.3.1.

9.2.3. División de cepas de grandes dimensiones.

Se seleccionaron seis agrupaciones de cepas en las cuales se ha producido la unión de varias cepas contiguas en zonas de transición de la masa con una fracción de cabida cubierta superior al 75% y con excesiva densidad. En el anexo 2.2 puede verse su localización, y en el anexo 10 se incluyen las fotografías de una de estas cepas antes y después de la realización del tratamiento.

En cada una de ellas se ha abierto una faja de 4-6 m de anchura, que divide en dos a la cepa, perpendicular al diámetro mayor de su copa, y de aproximadamente un tercio del mismo, en la cual se han cortado todos los pies existentes. Las cortas se realizaron en invierno entre 1996 y 1997.

Las características medias de la masa inicial, extraída y residual se resumen en la tabla 9.4. Se ha cortado una media del 53,4% de los pies, que suponen un 42,8% de sus secciones normales.

Tabla 9.4. Características medias de la masa de las parcelas experimentales antes y después del tratamiento, y de la masa extraída.

Masa antes de la clara			Masa después de la clara			Masa extraída		
Densidad (Nº de pies /parcela)	Suma Secciones Normales (dm ²)	Diámetro cuadrático medio (cm)	Densidad (Nº de pies /parcela)	Suma Secciones Normales (dm ²)	Diámetro cuadrático medio (cm)	Nº de pies	Suma Secciones Normales (dm ²)	Diámetro medio (cm)
199	149,6	5,8	124	85,6	5,8	53,4%	64	5,6

En estas parcelas se ha realizado el estudio del rebrote del acebo que se presenta en el capítulo 5. Además se realiza un seguimiento anual en el cual se miden las mismas características que en los tratamientos anteriores excepto la evolución de la densidad foliar.

Este tratamiento es bastante agresivo y no se recomienda su aplicación hasta que no se obtengan resultados de las parcelas.

9.2.4. Apertura de la masa densa.

Este tratamiento se ha realizado en una zona de la masa de espesura trabada de la acebeda con dimensiones claramente menores al resto de la masa, una altura de dosel media



de 3,5 m y un diámetro cuadrático medio de los chirpiales de 3,7 cm, y en la que se aprecia la existencia de chirpiales secos y puntisecos. Su densidad media es de 32.000 pies/ha y su área basimétrica media 45,16 m²/ha. En el anexo 2.2 puede verse su localización, y en el anexo 10 se incluyen fotografías antes y después de la realización del tratamiento.

En una parcela de 42 m x 36 m (aproximadamente 1500m²) se han cortado fajas de 6m cruzadas con una entrecalle de 6 m de anchura, dejando entre ellas seis islas con vegetación. En tres de ellas, elegidas al azar, se han realizado cortas de policía; las otras tres no se tocaron. Estos trabajos se realizaron en la primavera de 1998.

Las islas realizadas tienen una superficie media de 23,5 m². En la limpieza de las islas aclaradas se ha cortado una media de 138 pies con un diámetro medio de 1,7 cm. La masa residual de las islas aclaradas tiene un diámetro medio de 4,8 cm y una media de 52 chirpiales/parcela frente a los 3,03 cm de diámetro medio con 169 pies/parcela de las islas no resalveadas.

Está previsto realizar una primera medición de estas islas y de la masa sin tratar del rodal a los cinco años de realizado el tratamiento, o sea en el invierno de 2002.

Este tratamiento es bastante agresivo, tiene un fuerte impacto paisajístico y no se recomienda su aplicación hasta que no se obtengan resultados de las parcelas experimentales.

10. SELECCIÓN DE CEPAS



10. SELECCIÓN DE CEPAS

Se ha realizado una selección de cepas de acebo con buenas características para la producción de ramilla ornamental. La propagación de estas plantas seleccionadas se realizó mediante estaquillado.

Con el material enraizado, se establecieron bancos clonales, de los que posteriormente se obtendrán plantas vegetativamente para instalar plantaciones experimentales de cultivo intensivo de acebo para producción de ramilla ornamental en labores de recuperación de las respectivas acebedas y en repoblaciones en terrenos marginales dentro de su área de distribución natural.

10.1. MATERIAL Y MÉTODOS.

10.1.1. Fases y criterios de la selección

Este trabajo se inició en verano de 1993, simultáneamente a los estudios de propagación vegetativa de la especie. El proceso de selección seguido ha sido el siguiente:

1. Definición de las características de la planta deseada.
2. Labores de selección. Se ha realizado una primera selección de plantas en las Acebedas más importantes del Sistema Ibérico Norte y el resto de Castilla y León, y posteriormente se ha ido depurando.
3. Test de enraizamiento de las plantas seleccionadas.
4. Seguimiento de las plantas durante la fase de vivero.
5. Seguimiento en campo.
6. Seguimiento de la floración y fructificación.

10.1.2. Características de la selección inicial.

En el acebo (OBESO, 1997¹) la fructificación de los pies hembra es posible y se produce sin la presencia de ejemplares polinizadores, aunque los frutos apomícticos son más pequeños y se caen con más facilidad, y por tanto antes, que los polinizados. Por esta razón será necesaria también la selección de pies masculinos para obtener buenas cosechas de ramilla ornamental.

Los pies masculinos se han seleccionado principalmente por su abundante producción de polen. Mientras que las características más importantes de los ejemplares femeninos han sido la producción de abundante fruto, su reparto homogéneo a lo largo del crecimiento del año, un buen crecimiento en longitud de la planta, la presencia de hojas pequeñas, pinchudas y bien repartidas, y la abundancia de ramillas. También se ha considerado la accesibilidad o el tamaño de la cepa.

La valoración de cada factor se hace por separado y posteriormente se pondera la importancia de cada uno considerando como prioritarios:

- Accesibilidad.
- Longitud del crecimiento del año.
- Características ornamentales.
- Vigor de la cepa.
- Número y longitud de la ramilla con frutos.
- Ausencia de daños y enfermedades.



10.1.3. Selección inicial

La selección de acebos se realizó en dos etapas: en primer lugar, durante el otoño de 1993 y la primavera de 1994, se seleccionaron cepas en las principales acebedas de la provincia de Soria; y en un segundo momento, en octubre y noviembre de 1996, se amplió esta selección al resto de Castilla y León, recogiendo también material en una acebeda de La Rioja.

La selección se realizó en las siguientes acebedas:

- . Acebal de Garagüeta (Soria), 26 plantas.
- . Dehesa de Ventosa de la Sierra (Soria), 15 plantas.
- . Dehesa de Oncala (Soria), 5 plantas.
- . Acebeda de Castilfrío de la Sierra (Soria), 10 plantas.
- . Acebeda de Estepa de San Juan (Soria), 6 plantas.
- . Monte “Celadillas” (Soria), 1 planta.
- . Dehesa de Prádena (Segovia), 11 plantas.
- . Acebeda de Valgañón (La Rioja), 4 plantas.
- . Dehesa de Huerta de Arriba (Burgos), 5 plantas.
- . Dehesa de Vallejimenio (Burgos), 3 plantas.
- . Dehesa de Tolbaños de Abajo (Burgos), 4 plantas.
- . Dehesa de Aira da Pedra y Campo del Agua (León), 5 plantas.

A cada cepa seleccionada se le asignó una ficha donde se indicaba la ubicación geográfica y administrativa, la propiedad, el croquis de acceso y datos sobre orientación del terreno, altitud, suelo y vegetación acompañante. Además de cada una de ellas se anotaron los valores de la altura total, anchura de la cepa, diámetro del pie central, edad; las características utilizadas para su selección y se adjuntó una foto de la misma. En el anexo 7.1 se incluye un modelo de la ficha utilizada en la selección

Con los clones seleccionados se ha realizado en 1997 un catálogo de acebos seleccionados para producción de ramilla ornamental.

10.1.4. Test de enraizamiento

Para la realización de los ensayos de propagación vegetativa se utilizó un diseño en tres bloques aleatorios con un tamaño de muestra de 38 plantas por bloque. El estaquillado se realizó siguiendo el método consignado en el capítulo 4.

Los resultados obtenidos se trataron mediante análisis de varianza y se realizó la separación de medias mediante contrastes por el test de χ^2 . El análisis estadístico se elaboró con el procedimiento GENMOD del programa estadístico SAS®.

Las plantas seleccionadas cuyos porcentajes de enraizamiento eran tanto significativamente menores que la media ($p < 0,05$) como, a su vez, menores del 80% se eliminaron de la selección.

10.1.5. Fase de vivero

Las estaquillas enraizadas se colocaron en un umbráculo con una malla de sombreado del 75% y se les regó dos veces por semana. Las plantas se colocaron aleatorizadas en tres bloques. Cada año se han realizado dos campañas de estaquillado, una en otoño y otra en primavera.

Las plantas enraizadas durante el otoño se utilizan en campo en el otoño siguiente, mientras que las plantas enraizadas durante la primavera es necesario esperar a la primavera siguiente para que su sistema radical esté bien desarrollado.



Antes de su plantación en campo se realizaron mediciones de altura, diámetro basal, crecimiento en altura del último año, presencia o ausencia de flores o primordios y forma de las hojas. Estos datos se incluyen en una base de datos que se realiza para cada plantación y que se describe en el capítulo siguiente.

Con estos datos se ha realizado un análisis estadístico descriptivo, se ha estudiado la correlación entre las variables altura, crecimiento en altura, diámetro basal y esbeltez (cociente entre la altura y el diámetro basal), y por último un análisis de la varianza de todas las variables citadas para el factor clon. Se han utilizado los procedimientos GLM, UNIVARIATE y CORR del programa estadístico SAS ® y con una precisión del 95% de probabilidad.

La separación de medias se realizó mediante el test de la mínima diferencia significativa (LSD), que para el elevado número de datos que nos ocupa es más adecuado que los tests de comparaciones múltiples excesivamente conservadores (ABRAIRA, 1996).

El análisis de la varianza de estos datos para el factor clon en la fase de vivero forma parte de un estudio estadístico más amplio que se ha realizado con estos resultados y los datos tomados en las plantaciones realizadas en los que se han tenido en cuenta además otros factores: la época en la que se produce la planta, el año en el que se produjo, y sus interacciones. Este análisis y sus resultados, por los cuales es posible la separación de esta parte del estudio, se presentan en el capítulo 13 dedicado al análisis de las plantaciones experimentales realizadas, centrándonos exclusivamente en este capítulo en la influencia del factor clon.

10.1.6. Seguimiento en campo

Las medidas tomadas para cada planta y elaboradas para cada clon son: altura total, crecimiento en altura del último año, diámetro basal, floración y fructificación, forma de las hojas y marras.

El análisis estadístico realizado con las medidas tomadas es el mismo que en el apartado anterior para cada año. También se lleva a cabo un análisis de varianza de la supervivencia de los clones durante el primer año en campo de cada uno de los clones instalados, la variable estudiada en este caso ha sido el porcentaje de marras y el tratamiento estadístico de los datos se ha realizado mediante el procedimiento GENMOD del programa SAS®. Con este procedimiento se realiza un análisis de la varianza mediante un modelo lineal generalizado para una variable binomial por medio de una transformación de tipo logístico (SAS, 1990). La precisión utilizada para todos los análisis ha sido un 95 % de probabilidad.

10.2. RESULTADOS

10.2.1. Test de enraizamiento

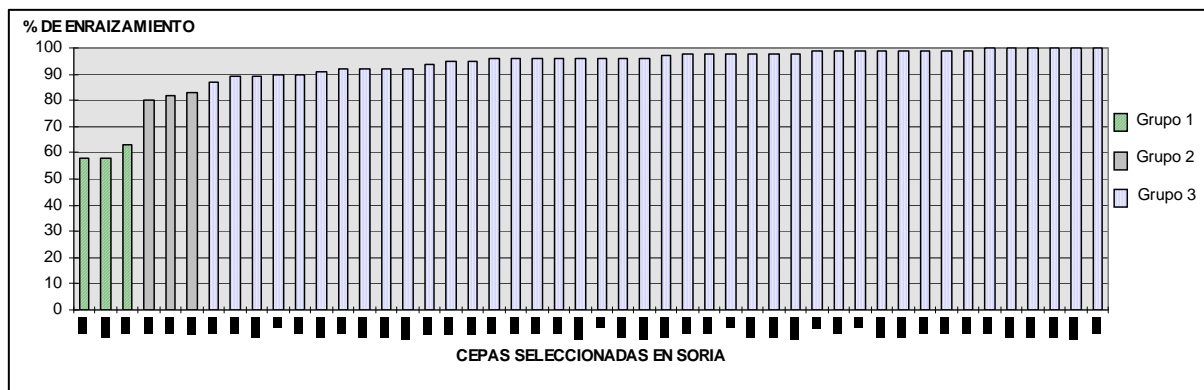
El porcentaje medio de enraizamiento fue prácticamente igual para los clones de Soria y los del resto de Castilla y León, $92,85 \pm 0,05$ % y $92,65 \pm 0,12$ % respectivamente, aunque la varianza de las medias es mucho menor en los clones seleccionados en la provincia de Soria que en el resto.

Este hecho se puede explicar teniendo en cuenta varias circunstancias: en primer lugar, el hecho de que ya había sido estudiado el enraizamiento de una gran parte de los clones de Soria en un ensayo previo, y habían sido eliminados los clones con peores resultados; por otra parte, los tiempos de transporte y almacenamiento de los clones de la provincia de Soria son mucho menores que los utilizados para otras provincias por la cercanía de estas acebedas al



vivero, lo que influye sobre las condiciones en que se encuentran las estaquillas en el momento de su colocación en el invernadero.

Los clones del grupo 1 (Figuras 10.1 y 10.2), LEC5 (León), LEC2 (León), LEC4 (León), GH33 (Garagüeta, Soria), EH6 (Estepa de San Juan, Soria) y OH3 (Oncala, Soria), cuyos porcentajes de enraizamiento son menores del 80%, deberían eliminarse del catálogo de árboles seleccionados. Los del grupo 2, LEC1 (León), LH3 (La Rioja), P1 (Segovia), OH6 (Oncala, Soria), OH5 (Oncala, Soria) y AH1 (La Poveda, Soria), cuyo enraizamiento es significativamente menor que la media pero mayor del 80% se mantuvieron.



Figuras 10.1. Porcentaje de enraizamiento de los clones seleccionados en Soria

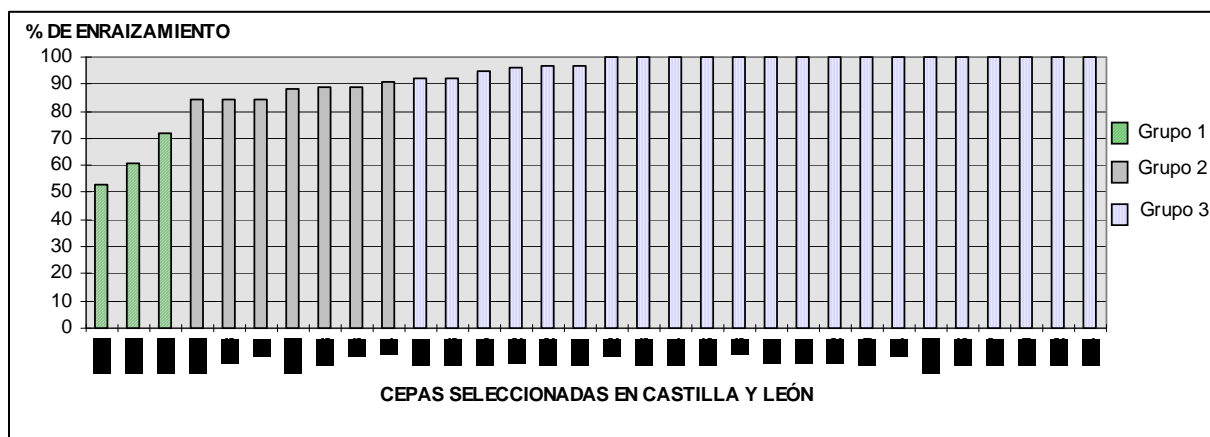


Figura 10.2. Porcentaje de enraizamiento de los clones seleccionados en Castilla y León y La Rioja

Destacan los malos resultados obtenidos con los clones recogidos en León. Las condiciones de toma del material vegetal (nevando) y su transporte (más prolongado) podrían haber contribuido a los mismos. Por ello, los tres clones de la Provincia de León se han mantenido hasta que vuelva a realizarse un test de enraizamiento que aporte más información sobre las causas de los malos resultados obtenidos.

10.2.2. Fase de vivero

Todas las variables estudiadas durante la fase de vivero, la altura, el diámetro basal, el crecimiento en altura y la esbeltez, presentan diferencias significativas entre clones ($P < 0,05$). No es posible agrupar los clones de una forma sencilla según las diferencias significativas existentes entre ellos. En los gráficos que se incluyen en el anexo 7.2 se presentan los valores medios de la altura, el diámetro basal, el crecimiento en altura y la esbeltez de cada uno de los clones al final



de la fase de vivero (plantas de una savia), así como los intervalos de confianza para la media de cada clon ($P < 0,05$). Las tablas de diferencias significativas entre clones no se incluyen en este trabajo por su enorme extensión.

El parámetro más interesante para medir el vigor de las plantas es el crecimiento en altura, puesto que es el que mejor idea da de la vitalidad de la planta y el más independiente de las condiciones de partida.

Las medias de los clones para la altura y el crecimiento en altura se comportan de una forma muy similar, como podría esperarse dada su fuerte correlación. En el caso de que no se pueda utilizar el crecimiento en altura o que esta medida no exista, se utilizará la altura de los clones para discriminar entre ellos.

Destacan por su gran cantidad de diferencias significativas con otros clones, pero no con todos: los clones EH4, EH7, OH5, G10 y OH3 con crecimientos significativamente mayores que los demás; CH4 y VH13 con crecimientos significativamente menores. Aunque no pueden considerarse como grupos homogéneos significativamente diferentes del resto de los clones.

En general podría decirse que la mayoría de los clones seleccionados en Estepa de San Juan tienen una tendencia a crecer más que los de Ventosa de la Sierra, y que los acebos seleccionados en las acebedas de fuera de Soria tienen crecimientos significativamente menores y se diferencian de todos los demás exceptuando los clones CH4, EH8, GH31 y los seleccionados en Ventosa de la Sierra (denominados "V...") (Figuras 7.1 y 7.2 en el anexo 7).

En el análisis de varianza del diámetro basal no se presentan casi diferencias significativas entre clones. Solamente destaca el clon G10, que es más grueso que los demás, aunque solo es significativamente diferente de algunos clones. En cuanto a la esbeltez aparecen diferencias significativas similares, en general, con las que aparecen para la altura.

En esta fase de vivero destacan por su mejor comportamiento, crecimientos más altos, con diámetros elevados y una esbeltez media-baja: los clones G10 (Garagüeta, Soria), EH4 y EH7 (Estepa de San Juan, Soria); el OH2 y OH5 también son interesantes, presentan una altura y un crecimiento en altura elevados pero su esbeltez es muy grande. El clon GH31 tiene también un buen comportamiento como media, pero su varianza es muy alta, tiene unos resultados muy irregulares. Los que peores resultados han presentado han sido los clones VH3, VH5, VH6, VH11, VH13, CH4 y VH8 con crecimiento bastante menores que los demás, y VH3, VH6, VH8 y VH11 con rendimientos muy irregulares (elevados errores standard respecto de la media).

10.2.3. Comportamiento en campo.

Solamente se han utilizado para el estudio estadístico de los resultados de supervivencia los clones seleccionados en la provincia de Soria, colocados en más de tres plantaciones y en años diferentes.

No ha sido posible estudiar la supervivencia ni el comportamiento en campo de los clones seleccionados en la segunda fase, en las acebedas de fuera de Soria, ya que el test de clones establecido para este fin sufrió un ataque de roedores que desequilibró totalmente el experimento. Solamente cabe destacar el clon TH4 con un porcentaje de marras relativamente bajo, 17%, frente al resto de los clones cuya media superó el 60% de marras. Por tanto, a lo largo de este apartado cuando se hable de clones en general nos referiremos únicamente a los seleccionados en Soria por los hechos anteriormente expuestos.

Existen diferencias significativas en el porcentaje de supervivencia entre clones ($P < 0,05$). En la figura 10.3 se incluyen los porcentajes de supervivencia predichos por el análisis estadístico para cada clon.

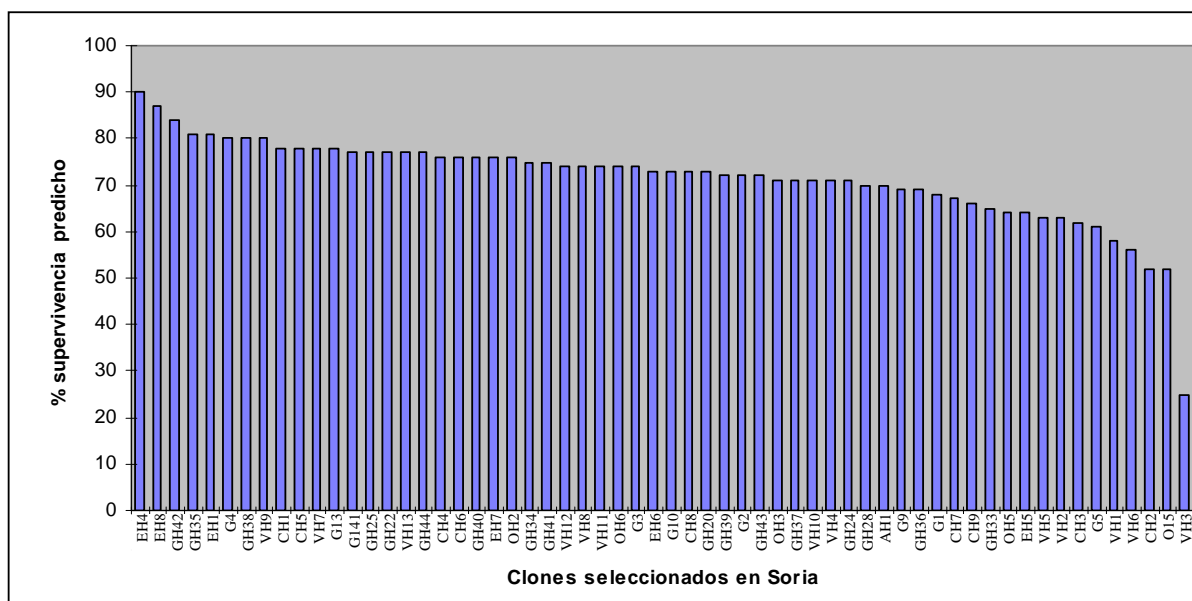


Figura 10.3. Porcentaje de supervivencia predicho para los clones seleccionados en las acebedas de Soria.

El porcentaje de marras obtenido para el conjunto de los clones seleccionados ha sido bastante elevado, con una media del 29 ± 11 %. El criterio que se ha seguido para la selección de clones en esta fase ha sido eliminar aquellos clones que tienen porcentajes de marras significativamente superiores a la media, que son el GH30 (Garagüeta) y el VH3 (Ventosa de la Sierra).

En cuanto a los resultados obtenidos a partir de las variables cualitativas medidas se puede destacar que:

- La forma de las hojas tendía claramente a homogeneizarse en los nuevos brotes independientemente de la forma de las hojas existentes antes del enraizamiento. Este resultado puede relacionarse con la observación hecha por OBESO (1997²) sobre la influencia del ramoneo en la condición de lisa o pinchuda de las hojas del acebo. Este autor concluyó que el número y longitud de las espinas del margen de la hoja es significativamente diferente si el árbol está ramoneado o no por el ganado. Parece por tanto, que este carácter depende más del tratamiento que recibe la planta y de la juvenilidad o madurez de la hoja y del árbol que del genotipo. Todas las hojas producidas por las plantas enraizadas tendían a ser ligeramente pinchudas, sin alabear el margen y más delgadas que las iniciales.
- El número y grado de ramificaciones es muy pequeño todavía, y como la floración y fructificación no se produce aún de forma regular, no han podido ser estudiadas estadísticamente.

En las variables cuantitativas medidas, altura, diámetro, crecimiento en altura y esbeltez, el clon es un factor que revela la existencia de diferencias significativas. Si bien, no es posible realizar una separación sencilla por grupos de clones en los cuales se pueda decir que no existen diferencias significativas ($P < 0,05$) entre los miembros del mismo grupo y sí respecto a todos los demás.

El primer año aparecen diferencias significativas entre clones en todas las variables, y a partir del tercer año estas diferencias desaparecen igualmente para todas ellas. En el segundo año aparecen diferencias significativas en la altura y el crecimiento en altura, mientras que en la esbeltez y el diámetro no ocurre así.



En el anexo 7.3 pueden verse los gráficos de los valores medios de la altura, el diámetro basal, el crecimiento en altura y la esbeltez y sus intervalos de confianza para la media de cada uno de los clones para cada año. Las tablas de diferencias entre clones obtenidas en la separación de medias realizada mediante el test LSD no se presentan detalladamente, al igual que en la fase de vivero, por su gran extensión.

A continuación se estudian con más detalle las diferencias significativas ($P < 0,05$) que aparecen entre los clones.

Primer año en campo.

En el primer año en campo de los clones aparecen diferencias significativas en todas las variables estudiadas, al igual que ocurría en la fase de vivero.

El crecimiento en altura del primer año en campo de los acebo presenta unos errores típicos dentro de cada clon extremadamente grandes, por lo que aparecen pocas diferencias significativas entre ellos. Con estas magnitudes de errores, el valor medio de este parámetro no puede considerarse representativo. Este hecho puede atribuirse a la diferente capacidad de adaptación de los clones a las diferentes condiciones en campo.

La variabilidad de la altura es menor que en la fase de vivero, y la más baja aparece en los clones con mayor altura. Destacan por su altura los clones EH7, OH6, EH4, OH5, OH2, EH5, EH1, G141 y OH3. Los peores resultados se obtienen de nuevo para los clones GH31 y VH13, y el C15 para el cual no existían datos en la fase de vivero.

De igual manera que en la fase de vivero, el diámetro muestra menos diferencias significativas que el resto de las variables. Sólo destaca el clon GH37 con el mayor diámetro medio. De forma similar a la altura, vemos que la variabilidad mayor aparece en los menores diámetros.

La esbeltez no está tan fuertemente ligada a la altura como en la fase de vivero, el diámetro tiene en este caso más influencia sobre esta variable. Su variabilidad es muy elevada lo que se debe fundamentalmente a la variabilidad de la altura. Las diferencias significativas entre clones coinciden con las encontradas para la altura. Los clones G141, OH5, EH1, y CH8 que presentan una esbeltez más elevada.

Segundo año en campo.

El segundo año aparecen aún diferencias significativas en la altura y el crecimiento. En el caso del crecimiento en altura se aprecia una disminución respecto al primer año de la variabilidad intraclonal, pero esta sigue siendo grande, además la varianza de la media general para todos los clones es mayor.

Aparecen muy pocas diferencias significativas entre clones, a pesar de la alta significación del modelo ($P < 0,02$). Destacan el OH6 y OH2, con elongaciones, en general, significativamente mayores que el resto, y el VH1 cuyos crecimientos son significativamente menores que la mayoría de los clones, teniendo una de las medias de crecimiento más bajas de todos (Figura 7.15 en el Anexo 7).

Los clones GH31 y VH3 que presentaban crecimientos muy pequeños con errores standard muy altos han ido muriéndose a lo largo de los tres primeros años desapareciendo de las plantaciones en el cuarto año después de su instalación en las parcelas experimentales.

Para la altura, la varianza es grande dentro de cada clon, con los mayores valores en los clones de alturas pequeñas, aunque en general es menor que en el año anterior. Los clones que son significativamente diferentes del resto son los de mayor altura: OH6, EH5, OH2, OH5 y EH4. Destaca el hecho de que los clones que presentaban las mayores alturas y crecimientos en el vivero, siguen siendo los que mejor se comportan en campo.

*Tercer y cuarto año en campo.*

En el tercer y cuarto año las variables altura y diámetro totales se uniformizan. En cambio, el crecimiento en altura aumenta su rango de variación y enmascaran las diferencias significativas entre los clones.

El crecimiento en altura presenta una distribución de valores similar a la del 2º año, aunque la variabilidad dentro de cada clon es mayor y desaparecen las diferencias significativas entre clones.

El diámetro y la altura no presenta diferencias significativas entre clones. A medida que crecen los valores de estas variables aumenta la variación dentro de cada clon, de manera más acusada en los clones de menor diámetro o altura. La esbeltez tampoco presenta diferencias significativas entre clones.

Aparece como tónica general que existen más diferencias significativas entre clones para todas las variables estudiadas en la fase de vivero y en las edades más jóvenes de las plantas.

La relación, puesta en evidencia mediante el estudio de correlación, existente entre el crecimiento en altura, la altura y el diámetro se mantiene con ligeros cambios en el coeficiente de correlación a lo largo del tiempo. La relación de estas tres variables con la esbeltez varía a lo largo del tiempo de forma más irregular, mientras que la correlación entre la altura y el crecimiento en altura es la más constante de todas.

11. PROPAGACIÓN



11. PROPAGACIÓN.

11.1. INTRODUCCIÓN.

El acebo se propaga de forma natural, no solo sexual sino también asexualmente, y emite abundantes retoños (CEBALLOS & RUIZ DE LA TORRE, 1979). Su capacidad natural de acodarse es única entre nuestras especies arbóreas forestales, y es en las masas puras, en las cuales las copas llegan hasta el suelo y se encuentran libres de competencia lateral, donde se extienden principalmente por medio de brotes de raíz y acodos.

A pesar de la facilidad con la que se reproduce de forma natural, la producción de planta en vivero a partir de semilla no resulta fácil. Las semillas germinan lentamente en la segunda y tercera primavera de estar en tierra, aunque sean tratadas antes de su siembra (CATALAN, 1991).

Esta especie da cosecha abundante y regular todos los años, aunque en algunas zonas presenta una cierta vecería. Para su propagación los frutos deben recogerse inmediatamente después de madurar (aproximadamente en noviembre) y antes de que los pájaros diseminen la semilla. El potencial germinativo de la semilla está, en general, alrededor del 60% y se mantiene durante 3 o 4 años (KRÜSSMANN, 1978). La semilla presenta una germinación muy irregular y dispersa en el tiempo. Se ha achacado la dificultad de germinación a que los embriones, en el momento de la recolección de los frutos, no están totalmente formados (KRÜSSMANN, 1978). Sin embargo CATALAN (1991) recomienda su estratificación en frío para romper la dormición interna que puede presentar la semilla por otras causas diferentes a la inmadurez del embrión.

La germinación no se produce hasta la primavera siguiente a la siembra y con un porcentaje tan sólo de un 15%; en el segundo año puede germinar hasta un 50%, y como máximo en el tercer año llegar a un 65%. El rendimiento de fruto a semilla es del 25-35%, con una pureza del 95-98% y un número medio de 30.000 semillas/kg (CATALAN, 1991).

En cuanto a la propagación vegetativa, es posible el estaquillado, el injerto, la micropropagación y el acodo aéreo. (HUME, 1953; GALLE, 1997).

El acodo bajo es posible si las condiciones del suelo son apropiadas, un suelo suficientemente turboso y fresco. El acodo aéreo también es factible, pudiendo obtenerse plantas de grandes dimensiones (HARTMAN & KESTER, 1987). Estos dos medios de propagación no pueden utilizarse para producir planta en grandes cantidades, además de presentar mayor dificultad y resultar más caros que el estaquillado.

La micropropagación desarrollada y posible para esta especie (FERREIRA & HU, 1989; HU *et al*, 1978), no se utiliza por la dificultad de aclimatación de las plantas para su utilización en campo, tan solo con un 40-60% de supervivencia (MORTE & OLMOS, 1991), lo que aumenta demasiado los costes de producción (SWARTZ *et al*, 1994).

La propagación por estaquilla es la más utilizada para diversas variedades de jardinería, tanto de *Ilex aquifolium* como de otras especies de este género y sus híbridos, presentando muy diferentes comportamientos frente al enraizamiento (MACDONALD, 1986; HUME, 1953; GALLE, 1997; BLAIN & DIXON, 1984; GOI *et al*, 1978). Este método permite mayor uniformidad y selección de las plantas producidas, la eliminación de la fase juvenil y el acortamiento del tiempo necesario para llegar a la madurez reproductiva. Además, permite la posibilidad de elegir el sexo de la nueva planta y mantener las características por las cuales seleccionamos la planta madre, al tener la nueva planta su mismo genotipo y poder obtener plantas maduras sexualmente, que florezcan y fructifiquen inmediatamente. En general, no es más económico, pero se evita la



dificultad de su propagación por semilla, lenta e irregular. Es cómodo, rápido, simple y no requiere técnicas especiales, dando gran uniformidad de resultados.

Todas estas circunstancias nos han conducido a plantearnos su propagación por enraizamiento de estaquillas y a desarrollar un método experimental que permita una multiplicación masiva.

11.2.- ANTECEDENTES.

Según HARTMAN & KESTER (1990) el tipo de estaquillas a utilizar será las formadas por el crecimiento del año aún sin acabar de lignificar, que deben recogerse en verano, cuando la estaquilla está aún parcialmente madura. WHEELDON (1959) ha obtenido excelentes resultados de estaquillado de *Ilex aquifolium* bajo niebla; en este caso las estaquillas se plantaron a finales de mayo - principios de junio en cajones comenzando el enraizamiento a primeros de agosto, además expone la posibilidad de colocar otro grupo de estaquillas en diciembre. También KRÜSSMANN (1978) y LITTLER (¿1974?) afirman que la recogida debe hacerse preferentemente en julio y agosto, incluso en diciembre. Sin embargo, para MACDONALD (1986) y GALLE (1997) la época óptima para la recolección de estaquillas es desde últimos de agosto a primeros de octubre, cuando la estaquilla no está totalmente lignificada. Para PRIAPI (1991) la preparación de estaquillas debe hacerse durante el inicio del verano. ELMORE, (1993) recomienda recoger la estaquilla, a partir de septiembre hasta febrero. MACDONALD (1986) no recomienda la recogida de las estaquillas tras un periodo largo de frío ya que baja sustancialmente el porcentaje de enraizamiento.

Respecto al inicio del enraizamiento, parece claro que este tiene lugar a las 3-4 semanas aproximadamente de su colocación en el medio (MACDONALD 1986, PRIAPI 1991, DIRR & HEUSER 1987, HEMMING 1983; GALLE 1997).

En cuanto al tipo de estaquilla utilizado la mayoría de los autores recomiendan la utilización de estaquillas hechas a partir de ramas del año, ya que enraizan mejor y crecen más que las de los años anteriores (HEMMING, 1983; HUME, 1953; YEAGER & INGRAM, 1985; MACDONALD, 1986; HARTMAN & KESTER, 1990; GALLE 1997). Además HARTMAN & KESTER (1987) afirman que las mejores plantas se obtienen de las estaquillas tomadas de los extremos apicales de las ramas.

Parece indiscutible la necesidad de la utilización de hormonas de enraizamiento, existiendo gran variedad de opiniones a la hora de decidir qué sustancias utilizar, de qué manera y en qué concentración. LITTLE (¿1974?), KRALIK & PSOTA (1985) y KRÜSSMANN (1978) recomiendan usar ácido 3-indolbutírico (AIB) como hormona de enraizamiento. Según HARTMAN *et al* (1984), el empleo de AIB en dosis elevadas, es esencial en algunas variedades de acebo usadas en jardinería. PRIAPI (1991) y BLAZICH *et al* (1983) obtienen los mejores resultados con dosis de hormona de 1000 a 2000 ppm, por inmersión en una solución alcohólica durante pocos segundos. ELMORE (1993) recomienda una concentración hormonal de AIB de 0,8-2%.

El uso de boro, en combinación con AIB, aumentó el porcentaje y la velocidad de enraizamiento, así como el número y la longitud de las raíces de estaquillas de acebo tomadas en el otoño según WEISE (1960); también HARTMAN & KESTER (1990) señala que al uso de boro en 50 a 200 ppm. aumenta la calidad de las raíces. Finalmente MACDONALD (1986), afirma que concentraciones de boro entre 40-70 ppm produce un sinergismo con AIB dando mejores resultados.

La práctica de una herida en la base del tallo ayuda al enraizamiento de las estaquillas en muchos casos. Tanto realizar un corte en la parte basal de la estaquilla como arrancar las hojas inferiores actúa de forma positiva en el enraizamiento (HARTMAN & KESTER, 1990). Hacer un sólo corte en la base de la estaquilla facilita el enraizamiento, emergiendo las raíces a través de él



(MACDONALD, 1986). EDWARDS (1974) estudió la interacción entre el tratamiento hormonal y la práctica de una herida en el enraizamiento de estaquillas y recomienda su uso conjunto.

Además EDWARDS (1979) evidenció la existencia de una banda anular continua de esclerenquima en la parte exterior del cortex del acebo que dificulta la formación de raíces adventicias, aunque en las ramas más jóvenes dicho anillo presenta algunos huecos, a través de los cuales podrían emerger las raíces adventicias formadas.

En cuanto a las condiciones de enraizamiento, se recomienda como medio de enraizamiento una mezcla a partes iguales en volumen de turba y perlita (MACDONALD, 1986; HARTMANN & KESTER, 1990; TILT & BILDERBACK 1980; BILDERBACK, 1985), aunque existen muchos ensayos que utilizan otros sustratos diferentes (BLACK, 1973; WHITCOMB, 1974; TOMLINSON & BILDERBACK, 1984). FISCHER & ROTH (1986) afirma que el tamaño de las arcillas expandidas utilizadas en el sustrato debe estar entre los 4-8 mm; poner las estaquillas bajo una doble estructura de plásticos (KRÜSSMANN, 1978, LOACH 1977); utilizar mulch para elevar la temperatura del sustrato (PERTUIT, 1972); evitar las altas temperaturas por encima de 26 ° C conjuntamente con una humedad atmosférica del 98 % o más, ya que el stress hídrico produce la caída prematura de las hojas (MACDONALD, 1986; LIVNE, 1972; LOACH 1977; LAICHE, 1978).

KRÜSSMANN (1978) recomienda pasar a tierra en mayo las estaquillas ya enraizadas que fueron colocadas en el medio de enraizamiento el otoño del año anterior.

Se encuentran también una serie de trabajos relacionados con el tamaño del contenedor, la época de plantación y el momento idóneo para trasplantar las plantas enraizadas al campo (KNIGHT *et al*, 1993).

CASTELLANO & MOLINA (1989) muestran mayores crecimientos en acebos inoculados con micorrizas vesículo-arbusculares mediante un preparado comercial, Nutri-Link NPI, después de su enraizamiento que en las plantas no micorrizadas.

En España son escasos los trabajos publicados sobre esta especie. En el estudio realizado sobre el enraizamiento del acebo por PEÑUELA *et al*. (1992) en el Centro Nacional de Mejora Genética Forestal de "El Serranillo" y en el Vivero del Centro de Puerta de Hierro, se utilizaron estaquillas de madera juvenil con dos o tres hojas, un corte limpio, y un diámetro mínimo de 5 mm. Se aplican diferentes tipos de sustratos, varios tratamientos hormonales y con o sin cama caliente. Los mejores resultados se obtienen para estaquillas, colocadas en un sustrato de turba-perlita 1:4, con AIB al 0,2 % y sobre cama caliente, alcanzándose un porcentaje de enraizamiento del 27 %.

Posteriormente a la realización de este experimento, SAIZ DE OMEÑACA *et al* (1995) realizaron con el mismo método ensayos de enraizamiento de acebo de procedencia ibérica y obtuvieron resultados en torno al 60 % de enraizamiento de estaquillas, confirmando que las estaquillas tratadas con AIB 1% comenzaban antes la formación de raíces adventicias que las no tratadas.

Además, también existe una extensa bibliografía sobre otras especies del género *Ilex*, como *I. vomitoria* e *I. crenata*, cultivados en Estados Unidos para producción de ramilla ornamental (WRIGHT & HAUNG, 1975; SNYDER, 1972), y sobre otros aspectos relacionados con la propagación por estaquillado del *I. aquifolium* y el desarrollo de estas plantas enraizadas: WRIGHT & HAUNG (1975) estudia el efecto de la aplicación de giberelinas sobre el crecimiento y el tamaño de las hojas en *I. cornuta*; SNYDER (1972) experimenta sobre *I. crenata* los efectos de la duración del fotoperiodo; la utilización de diferentes fotoperiodos, elevadas concentraciones de CO₂ y su interacción durante el enraizamiento y el posterior crecimiento de plantas de *I. aquifolium* es estudiado por FRENCH & LIN (1984) y LIN & MOLNAR (1982); la utilización de un sistema de riego enterrado en el sustrato con *I. crenata* (PATEL & TINGA, 1973); las temperaturas ambientales adecuadas para el enraizamiento de *I. crenata* (BLAZICH, 1978).



11.3. PROPAGACIÓN VEGETATIVA.

11.3.1. Material y métodos.

11.3.1.1. Material vegetal.

Se utilizaron estaquillas procedentes de plantas seleccionadas por sus características sobresalientes para uso ornamental (vistosidad, crecimiento anual, número y reparto de los frutos, hojas pequeñas y pinchudas bien distribuidas...) recogidas en tres de las acebedas de la provincia de Soria (Garagüeta, Ventosa de la Sierra y la Dehesa de Castilfrío).

Las cepas seleccionadas eran plantas adultas, sexualmente maduras, con una altura entorno a los 7 m, un diámetro de copa entre 5 y 8 m y edades de 75 a 140 años, no estando formadas por un solo pie, sino presentando una estructura típica de cepa de monte bajo generada por brotes de raíz y acodos que circundan al brinjal inicial, y rodeado todo el conjunto por una orla foliar que le confiere el aspecto de un solo individuo (Foto 11). Los crecimientos anuales son muy dispares, algunas plantas poco comidas por el ganado presentan crecimientos grandes de hasta 30 cm. de longitud, sin embargo hay otras en las cuales sólo crecen sus ramas terminales y con unos crecimientos insignificantes, unos 3-4 cm.

Para el ensayo se utilizaron solamente estaquillas del crecimiento del año. Se recogieron a primera hora de la mañana, las porciones de las ramillas cortando por debajo de las cicatrices de las escamas que protegen las yemas durante el invierno. Se utilizaron ramas laterales, delgadas y ortotrópicas.

El material cortado se conservó en una cámara frigorífica a una 4°C durante un tiempo medio de 24 horas hasta su colocación en el invernadero.

11.3.1.2. Preparación de la estaquilla.

Se utilizaron estaquillas del crecimiento del año, que medían entre 7,5 y 13 cm, con 3-4 hojas en la parte superior. Se efectuó el corte basal en forma de pico de flauta por debajo de un nudo para dejar al descubierto mayor superficie cambial (HARTMANN & KESTER, 1990). Además se realizó el lesionado de la estaquilla mediante un corte lateral, superficial, de 3-4 cm a lo largo de la estaquilla en la parte basal y con la profundidad adecuada para romper el anillo de esclerenquima, y potenciar la iniciación de raíces adventicias (RYPMA 1985; MACDONALD, 1986) (Foto75).

Se utilizó AIB como hormona de enraizamiento, su aplicación se hizo en polvo a partir de un preparado comercial, Rizhapon AA, mezclado con fungicida (Captan 50%).

11.3.1.3. Substrato y envases utilizados.

El substrato utilizado fue una mezcla de turba y perlita (1:1) (HARTMANN & KESTER, 1990).

Los envases que se utilizaron para el estaquillado fueron bandejas Quick-Pot de 35 alvéolos con unas dimensiones de 7 x 7 x 15 cm, estos tienen una profundidad suficiente para que se puedan usar unos 10 cm de medio de enraizamiento sin que la base de las estaquillas quede a menos de 2,5 cm del fondo del envase. La densidad de cultivo que se obtiene con estos envases es de 200 plantas/m², muy por debajo de las densidades máximas recomendadas para el acebo (YEAGER & INGRAM, 1985). Estos envases tiene costillas verticales en la paredes interiores y son de sección cuadrada para evitar el enrollamiento de las raíces al llegar a las paredes del envase; también presentan una rejilla en el fondo y se colocan elevados para facilitar el autorepicado de las raíces.



11.3.1.4. Condiciones de temperatura y humedad.

En el interior del invernadero se trató de mantener la temperatura ambiente entre 17 y 20°C durante el día y por encima de los 15°C por la noche. Para ello, se dispuso de calefacción durante el invierno y de un sistema de refrigeración mediante aerotermos, ventanas cenitales y un recubrimiento del invernadero con Parasoline en primavera y verano. No obstante, durante el verano, en las horas centrales del día, se alcanzaron algunas veces temperaturas de hasta 35°C.

Se mantuvo una humedad ambiente elevada, por encima del 80% de humedad relativa (FRENCH & LIN, 1984; LIVNE 1972; LOACH 1977) mediante un sistema mist de riego y sellando las bandejas con una bóveda de plástico transparente. La frecuencia e intensidad de los riegos se controló de forma automática a través de relojes colocados en serie. La frecuencia de riego utilizada durante el enraizamiento fue de 6 minutos con una duración de 15 segundos por cada riego durante el día, no siendo necesario por la noche.

Las condiciones de humedad ambiente y temperatura anteriormente citadas conducen a la aparición de hongos y algas que acaban pudriendo la porción basal de las estaquillas, y en algunos casos la parte aérea, en definitiva la estaquilla acaba muriendo. Es necesario, por tanto, mantener unas condiciones higiénicas rigurosas durante todas las etapas de preparación y enraizamiento de las estaquillas para tratar de prevenir los ataques criptogámicos. Por ello se trataron las estaquillas con fungicida, Captan 25% en polvo, aplicado en el extremo basal de las estaquillas en el momento de su colocación en el sustrato y pulverizando después cada 10 días con una solución acuosa al 1% de este mismo producto, lo que permitió controlar el ataque de los hongos, aunque no su total desaparición.

Las estaquillas colocadas en el exterior se situaron en un lugar sombreado y resguardado de las heladas, bajo una bóveda de plástico. Estas plantas se regaban periódicamente cada 2-3 días según la humedad del sustrato.

11.3.1.5. Diseño del experimento.

Las variables que se han considerado son: la planta madre, el sexo y la madurez de la misma, la época de recogida, el tipo de estaquilla y la posición de la misma en la planta madre, el tratamiento hormonal y las condiciones de enraizamiento.

El tipo de experimento elegido fue un modelo multifactorial con 3 bloques aleatorizados, la unidad experimental tomada fueron 10 estaquillas por tratamiento. Debido al elevado número de estaquillas necesarias al cruzar las variables, se recurrió a un modelo equilibrado e incompleto, y se dividió el experimento en varios ensayos:

- 1.-Ensayo general previo**, en el cual se estudian el tratamiento hormonal, la posición de la estaquilla, y el sexo y madurez de la planta madre.
- 2.-Ensayo época de recolección.**
- 3.-Ensayo de cepas.**
- 4.-Ensayo condiciones de enraizamiento.**

Posteriormente se realizó el tratamiento estadístico de los resultados obtenidos con el módulo GENMOD del programa estadístico SAS[®]. Se llevó a cabo una regresión logística, analizando la distribución de la frecuencia de enraizamiento mediante un modelo lineal generalizado que parte de la distribución binomial de la variable (BARAHONA, 1998). Una vez obtenidos los efectos para los cuales existen diferencias significativas se han realizado contrastes mediante el test de la χ^2 de Pearson para separar los efectos significativamente diferentes.



Ensayo general

Se diferenciaron tres tipos de estaquillas dependiendo de su posición en el árbol:

- las recogidas en la parte baja de la planta recomida por el ganado, estaquillas que denominaremos en adelante “ramoneadas”.

- las de la parte media del árbol, con características aún juveniles, denominadas “bajas”.

- las de la zona alta, claramente maduras, que denominaremos “altas”.

Además de estos tres tipos de estaquillas, según su posición se ha diferenciado un tipo de estaquillas “basales”, obtenidas de las partes bajas de aquellas ramillas de los tres tipos anteriores cuyo crecimiento era suficientemente grande como para obtener dos estaquillas del crecimiento del año.

Los tratamientos hormonales utilizados han sido diferentes concentraciones de ácido 3-indolbutírico (AIB) en polvo: AIB al 2%, AIB al 1%, AIB al 0,5%, AIB al 0,5% +70 ppm de Boro y control (sin aporte hormonal).

Para estudiar la influencia del tipo de planta se diferenciaron tres tipos de estaquillas: Machos; Hembras; y Jóvenes, plantas procedentes de semilla, de 3 savias (2 años aproximadamente) y una altura de 40 cm, que aún no han fructificado.

El ensayo constó de tres bloques incompletos con 10 estaquillas en cada unidad experimental. La colocación dentro de los bloques se hizo manteniendo las unidades agrupadas y distribuidas al azar, mediante generación de números aleatorios.

Este ensayo general previo se llevó a cabo en otoño de 1993. La duración de este ensayo fue de tres meses, durante los cuales se realizó un control mensual del enraizamiento.

Ensayo de época de recolección

Se efectuaron tres recogidas: una en pleno otoño, una vez finalizado el crecimiento vegetativo (octubre-noviembre); otra en primavera, antes de que comience la apertura de las yemas (marzo-abril); y la tercera en verano, en pleno periodo de crecimiento activo (julio-agosto).

El sustrato, el tipo de envase y las condiciones de enraizamiento fueron las mismas que en el ensayo general. Nos basamos en los resultados obtenidos en el ensayo general previo, para fijar el tratamiento hormonal, el sexo y la posición de las estaquillas utilizadas para este ensayo.

Este ensayo se realizó con un diseño de tres bloques completos. Dentro de cada bloque estuvieron representados todos los tratamientos distribuidos al azar mediante generación de números aleatorios. Cada unidad experimental consistió en diez estaquillas agrupadas.

Ensayo de condiciones de enraizamiento

Este ensayo tuvo por objeto estudiar la influencia del factor ambiental, las condiciones en las cuales se mantienen las estaquillas para su enraizamiento.

En este caso se distinguen solamente dos grupos de estaquillas:

- las colocadas en el interior del invernadero, en las mismas condiciones que en el resto de los ensayos (temperatura entre 17-20°C y humedad ambiental > 80%),

- y las situadas en el exterior, cubiertas tan solo por una cúpula de polietileno y regándose solamente una o dos veces por semana, cuando se consideró necesario por la falta de humedad del sustrato.

Los tratamientos hormonales utilizados fueron: AIB 1% y control.

Al igual que en el anterior ensayo se establecieron tres bloques completos con todos los tratamientos y las unidades experimentales de diez estaquillas por tratamiento.



Ensayo de cepas

En este ensayo se trató de evaluar si la capacidad de enraizamiento de las estaquillas dependía del genotipo donante. Este experimento se llevó a cabo en la primavera de 1994, se colocaron las estaquillas en el invernadero en las condiciones de humedad y temperatura antes descritas y tuvo una duración de tres meses.

Se recogieron estaquillas de 36 cepas diferentes, en general se dispuso de unas 30 estaquillas de cada una de ellas.

11.3.2. Resultados.

11.3.2.1. Ensayo general.

La duración de este ensayo fue de tres meses, realizándose un control de la formación de raíces cada mes. La frecuencia de riego se fue variando desde 15 segundos cada 3 minutos hasta 15 segundos cada 6 minutos; esta reducción no supuso una pérdida considerable de humedad ambiental y sin embargo, ayudó a controlar la pudrición de las yemas que se comenzó a producir al mes de colocar las estaquillas en el invernadero. Simultáneamente a este hecho, se produjo la caída de hojas de algunas estaquillas, tras un amarilleamiento de las mismas. Otro fenómeno que se produjo fue la brotación de las yemas antes del enraizamiento de las estaquillas. Este hecho no fue muy extendido, en el primer mes tan sólo brotó un 4 %, elevándose esta cifra en el segundo mes al 10 %. Si bien este número no es muy elevado, hay que destacar que el 70 % de las estaquillas brotadas eran procedentes de la porción basal de las ramillas, representando frente al total de estaquillas basales colocadas aproximadamente un 40 %. La mayor parte de las yemas brotadas eran yemas florales.

En la tabla 11.1 se resumen los porcentajes de enraizamiento medios obtenidos en este ensayo.

Tabla 11.1. Porcentajes medios de enraizamiento obtenidos en el ensayo general según los diferentes niveles de los factores estudiados.

Según el tipo de planta madre				
Hembras	Machos	Adultos	Jóvenes	
78,3	80,5	79,4	74,7	
Según el tipo de estaquilla				
Ramoneadas	Altas	Bajas	Basales	
78,3	79,3	79,3	78,0	
Según el tratamiento hormonal				
AIB 2%	AIB 1%	AIB 0,5%	AIB 0,5%+B	Control
92,2	95,2	88,9	54,1	63,7

El porcentaje de estaquillas muertas en el período de tres meses en que se mantuvieron las condiciones de enraizamiento fue tan sólo de un 6,5 %. El resto de las estaquillas no enraizadas presentaban un aspecto que, a simple vista, no las diferenciaba de las enraizadas.

En la mayoría de las estaquillas, las raíces aparecían en los bordes del corte practicado en su base (Foto 76), también fue usual la aparición de raíces repartidas por toda la parte enterrada saliendo a través de la corteza (Foto 77). En algunos casos, las raíces sólo se formaron en la zona del corte basal de la estaquilla, esto ocurrió frecuentemente en las que no habían sido tratadas



con la hormona de enraizamiento. Hubo algunas estaquillas que produjeron un callo muy desarrollado en la base de la estaquilla, pero no llegaron a enraizar.

Tras el enraizamiento, sólo se produjo la muerte de algunas estaquillas enraizadas que anteriormente se encontraban totalmente defoliadas.

Para el análisis estadístico de los resultados del ensayo general se estudió un modelo completo, que contenía los efectos principales y todas las interacciones, apareciendo diferencias significativas solamente para el tratamiento hormonal ($P=0,0025<0,05$). En la separación de medias para este factor, realizada con el test de Duncan, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con AIB al 0,5%, 1% y 2%, Control, y Boro + AIB 0,5% (Tabla 11.2).

Tabla 11.2. Diferencias significativas del porcentaje de enraizamiento entre tratamientos hormonales según el Test de Duncan ($\alpha>95\%$).

	AIB 0,5%	AIB 1%	AIB 2%	AIB 0,5%+B	Control
AIB 0,5%	.	0,3627	0,9705	0,0474	0,0496
AIB 1%	0,3627	.	0,7529	0,0001	0,0001
AIB 2%	0,9705	0,7529	.	0,0112	0,0096
AIB 0,5%+B	0,0474	0,0001	0,0112	.	1,0000
Control	0,0496	0,0001	0,0096	1,0000	.

11.3.2.2. Época de recolección.

El desarrollo de este ensayo duró desde noviembre de 1993 hasta octubre de 1994. Las estaquillas utilizadas en otoño para este ensayo fueron las mismas que estaban siendo estudiadas en el ensayo general.

En las estaquillas colocadas en primavera la caída de hojas y la pudrición de yemas fue casi imperceptible. La aparición de brotes se produjo también al mes de colocadas las estaquillas en el medio de enraizamiento siendo en esta época mayoritariamente foliares.

Mientras que en a las estaquillas colocadas en verano, a primeros de agosto, el inicio del enraizamiento se produjo a las tres semanas, aunque con porcentajes muy bajos. En este caso no aparecieron problemas de caída de hojas ni pudriciones, aunque sí se produjo la brotación prematura de las yemas, en la mayor parte de los casos, florales

Los resultados obtenidos en este ensayo son los siguientes (Tabla 11.3):

Tabla 11.3. . Porcentaje de enraizamiento según el tratamiento hormonal y la época de estaquillado.

Otoño		Primavera		Verano	
AIB 1%	Control	AIB 1%	Control	AIB 1%	Control
93	51	97	40	57	10

Del análisis estadístico de los resultados de este experimento podemos destacar que:

- la tasa de enraizamiento no presenta diferencias significativas entre otoño y primavera, siendo significativamente mas baja para el verano (Tabla 11.4).
- se observa que con el tratamiento de las estaquillas con AIB 1% se obtienen resultados significativamente mejores ($p<0,05$).

Tabla 11.4. Diferencias significativas del porcentaje de enraizamiento entre épocas de enraizamiento según el Test de Duncan ($\alpha>95\%$).

	Otoño	Primavera	Verano
Otoño	.	0,1480	0,0001
Primavera	0,1480	.	0,0008
Verano	0,0001	0,0008	.



11.3.2.3. Condiciones de enraizamiento.

Este ensayo fue realizado simultáneamente al de cepas y a la parte del ensayo de época de recolección correspondiente a la primavera.

En cuanto a las estaquillas colocadas en el exterior, se mantuvieron durante casi todo el experimento con buen aspecto, sin que se apreciara caída de hojas ni pudriciones. Al cabo de tres meses de estar colocadas, una parte de las estaquillas no enraizadas acabó muriendo, pero aproximadamente un 75 % de las mismas se mantuvo en buenas condiciones. Prácticamente la totalidad de las estaquillas brotaron en el segundo mes de ensayo, aunque no hubieran enraizado.

Los resultados obtenidos en este caso se resumen en la tabla 11.5:

Tabla 11.5. Porcentaje de enraizamiento según las condiciones de enraizamiento.

Invernadero		Exterior	
AIB 1%	Control	AIB 1%	Control
97	33	87	0

En el análisis estadístico de este ensayo se obtiene una adecuada significación para el modelo ($p = 0,0028 < 0,05$) y aparecen diferencias significativas solamente para los factores condiciones de enraizamiento y tratamiento ($p=0.0248$ y $p=0.0004$ respectivamente), obteniéndose una tasa de enraizamiento significativamente mayor para las estaquillas colocadas en el interior del invernadero con un tratamiento hormonal de AIB 1%.

11.3.2.4. Ensayo de cepas

Los porcentajes de enraizamiento en función de la cepa se resumen en la tabla 11.6:

Tabla 11.6. Porcentaje de enraizamiento según la cepa madre.

Cepas	% de Enraizamiento	Cepas	% de Enraizamiento
GH31	100	VH8	50
GH34	97	VH9	87
GH35	80	VH10	83
GH36	94	VH11	73
GH37	94	VH12	97
GH38	94	VH13	97
GH39	100	V14	75
GH40	100	V15	97
GH41	97	CH1	89
GH43	100	CH2	92
GH44	100	CH3	97
VH1	93	CH4	100
VH2	97	CH5	97
VH3	60	CH6	94
VH4	93	CH7	97
VH5	83	CH8	97
VH6	87	CH9	94
VH7	100	C15	94

En el análisis de varianza se deduce que existen diferencias significativas en la tasa de enraizamiento. Se han realizado contrastes para obtener diferencias entre cepas, utilizando en las comparaciones la cepa CH8, que presenta un 97% de enraizamiento esperado, deduciéndose que



las cepas GH35, VH3, VH5, VH8, VH11, V14 y C15 presentan una tasa de enraizamiento significativamente menor.

11.3.3. Discusión y consideraciones

Mediante el ensayo de cepas se ha puesto en evidencia que, como afirman numerosos autores (HARTMANN & KESTER 1990, PARDOS 1981, y otros), el genotipo tiene una fuerte influencia sobre el enraizamiento. A pesar de los buenos resultados generales, puede verse claramente la existencia de una serie de individuos que presentan un porcentaje de enraizamiento significativamente menor.

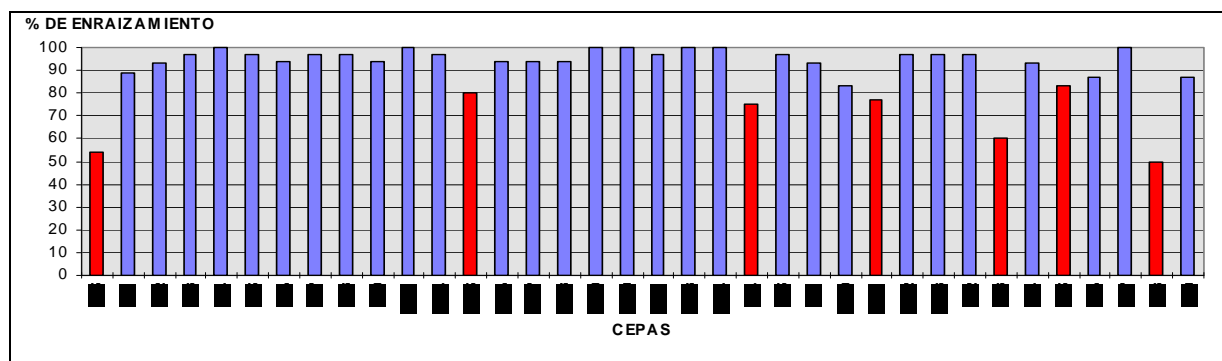


Figura 11.1. Porcentaje de enraizamiento según la cepa madre de la que procede la estaquilla.

Se ha visto en el ensayo general que la posición de la que ha sido recogida la estaquilla no influye significativamente sobre el porcentaje de enraizamiento (Figura 11.4). Según la bibliografía consultada, era de esperar que las estaquillas recogidas de partes juveniles del árbol enraizarán con mayor facilidad que aquellas de zonas maduras (HARTMANN & KESTER, 1990). Además, tampoco se ve influencia de la parte de la ramilla utilizada para el enraizamiento. Según HARTMANN & KESTER (1987), las porciones basales de la ramilla deben dar un porcentaje más alto de enraizamiento por tener acumulado mayor porcentaje de carbohidratos, y por mantener una condición más juvenil que la parte terminal.

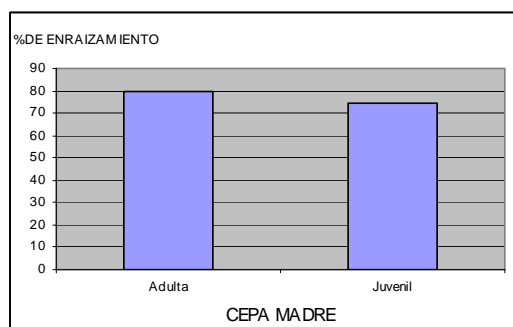


Figura 11.2. Porcentaje de enraizamiento según el tipo de cepa madre.

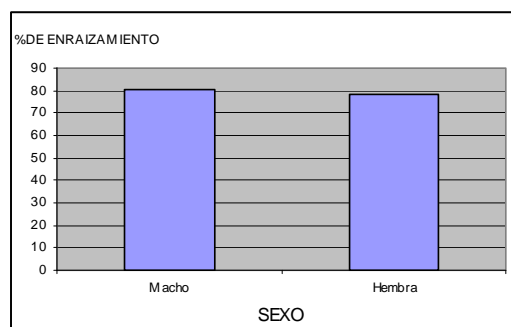


Figura 11.3. Porcentaje de enraizamiento según el sexo.

El sexo de la planta donante y su condición adulta, sexualmente madura-juvenil, tampoco han influido significativamente en el porcentaje de enraizamiento (Figuras 11.2 y 11.3). Este hecho muestra que en el acebo la madurez sexual no implica necesariamente pérdida apreciable de la capacidad de enraizamiento.

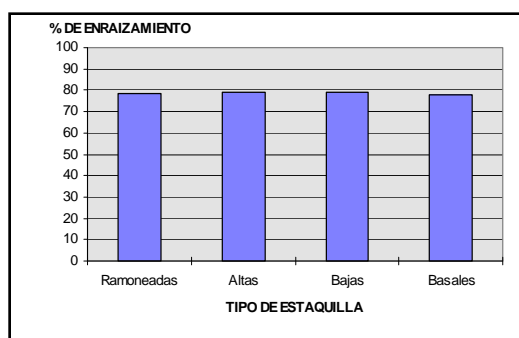


Figura 11.4. Porcentaje de enraizamiento según el tipo de estacilla.

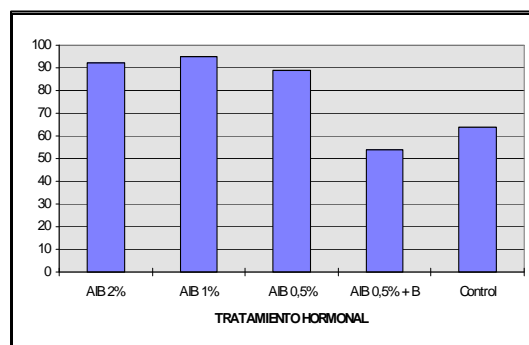


Figura 11.5. Porcentaje de enraizamiento según el tratamiento hormonal.

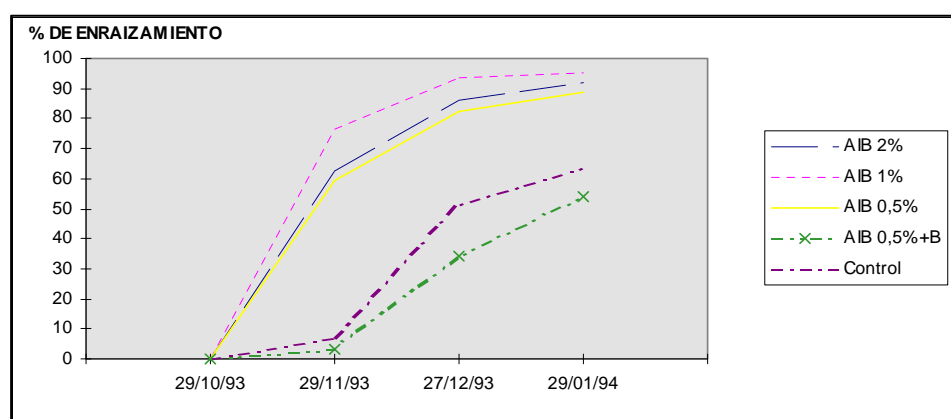


Figura 11.6. Velocidad de enraizamiento según el tratamiento hormonal.

Los tratamientos hormonales con concentraciones de AIB del 2 %, 1 % y 0,5 % presentan unos porcentajes de enraizamiento significativamente altos (Figura 11.5) y una mayor velocidad de enraizamiento (Figura 11.6), obteniéndose los mejores resultados en la concentraciones del 1%.

El lugar de la copa del cual se recoge la estacilla y el sexo de la planta madre no influyen sobre el inicio ni sobre la velocidad de enraizamiento (Figuras 11.4, 11.7 y 11.8).

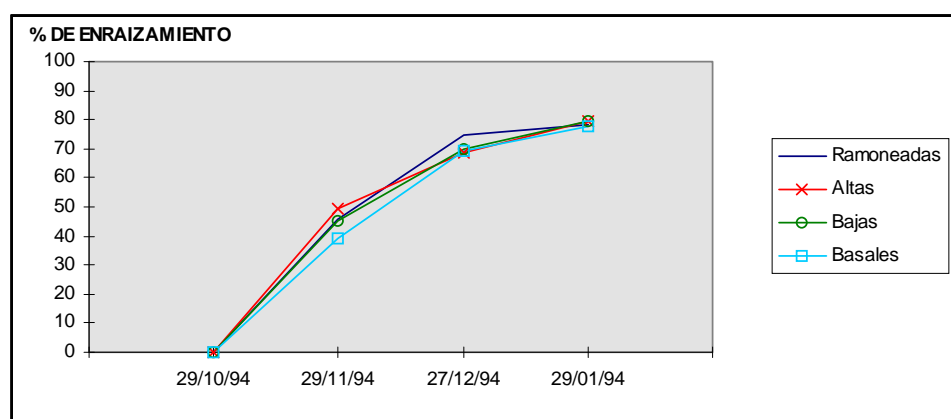


Figura 11.7. Velocidad de enraizamiento según el tipo de estacilla.

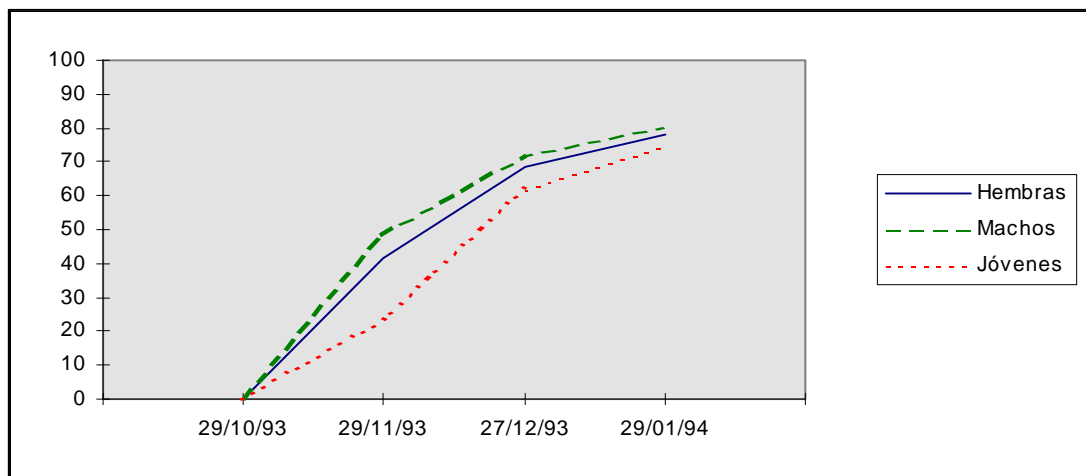


Figura 11.8. Velocidad de enraizamiento según el tipo de cepa madre.

La época idónea para la recogida de estaquillas de acebo sería durante el reposo vegetativo (Figura 11.9), siendo significativamente menor el porcentaje de enraizamiento en verano ($P < 0,05$). El mayor porcentaje de enraizamiento, se obtuvo para las estaquillas colocadas en primavera con un tratamiento hormonal de AIB al 1 % en polvo. Este hecho resulta interesante al tener en cuenta que en primavera no sería necesario el uso de calefacción y además, aunque el enraizamiento en el invernadero es mayor, se puede realizar éste en el exterior sabiendo que obtendremos una tasa más baja (Figura 11.10).

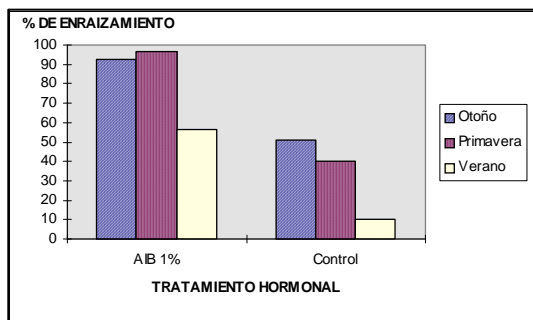


Figura 11.9. Porcentaje de enraizamiento según la época de enraizamiento y el tratamiento hormonal.

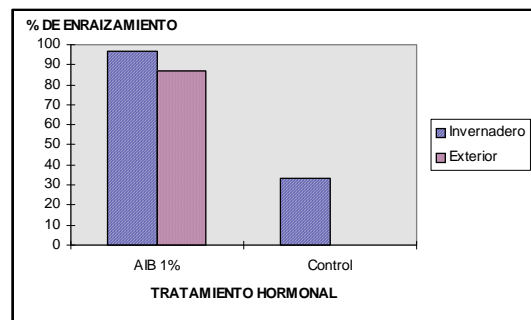


Figura 11.10. Porcentaje de enraizamiento según el tratamiento hormonal y las condiciones de enraizamiento.

Cabe destacar que de las estaquillas colocadas en primavera, al exterior, tras 6 meses no habían enraizado ninguna que no hubiera sido tratada con AIB (Figura 11.10).

Asimismo, se considera un acierto realizar un corte en la base de la estaquilla recomendado por MACDONALD (1986) y EDWARDS (1979), en gran número de estaquillas se forman las raíces adventicias en los bordes del corte. También se considera acertada la elección del sustrato turba-perlita (1:1) recomendado por MACDONALD, 1986; HARTMANN & KESTER, 1987; TILT & BILDERBACK 1980; y BILDERBACK, 1985, ya que el sistema radical producido es amplio, fibroso y bastante ramificado.



11.3.4.- Comportamiento de las estaquillas enraizadas

Las estaquillas enraizadas se mantuvieron dentro del invernadero tres meses más después de su enraizamiento y se les sometió a un proceso de aclimatación en el cual se disminuyó de forma progresiva la frecuencia de riego y a las dos semanas se procedió a retirar los plásticos que cubrían las bandejas.

Al final de este periodo el 93,5 % de las estaquillas seguían vivas, cuando al final del periodo de enraizamiento tan solo un 79,8 % presentaban raíces, por tanto, el número de estaquillas enraizadas aumentó durante estos tres meses.

Los sistemas radicales estaban bien desarrollados formando un cepellón que ocupaba prácticamente la totalidad de la anchura del envase. El sistema radical que presentan es bastante fibroso, denso y está muy ramificado como puede apreciarse en la Foto 78 en el anexo 10.

Las plantas enraizadas se pueden mantener en estos envases durante 2 años hasta que su sistema radical ocupe la totalidad del volumen del envase utilizado para el enraizamiento. Al final del primer periodo vegetativo ya había comenzado a producirse el autorrepicado en el fondo del mismo. Después de su aclimatación, las plantas se colocaron en umbráculo.

Además, es importante destacar el hecho de que las plantas enraizadas presentaban fructificación ya desde su primer año de vida.

Existen abundantes de estudios sobre el cultivo de plantas enraizadas de acebo producidas en contenedor. Una parte importante de ellos se refieren a la fertilización necesaria, y la mayoría de los autores recomiendan una fertilización nitrogenada desde las primeras edades (WALDEN & WRIGHT, 1995; WRIGHT & GILLIAM, 1977). GILLIAM (1977) obtiene unos crecimientos óptimos con dosis de N, entre 150-300 ppm, en aplicación primaveral, mientras que su aplicación invernal produce una anticipación en la apertura de yemas y un mayor crecimiento invernal. En nuestro caso se ha fertilizado en primavera la planta en contenedor con OSMOCOTE PLUS (15-11-13-2+Mi) de liberación lenta (3-4 meses), justo antes de la apertura de yemas, ya que el clima de la zona es proclive a frecuentes heladas tardías y no conviene adelantar el abonado.

Durante la primavera de 1994 se separaron tres grupos de 70 plantas enraizadas escogidas al azar. A cada uno de ellos se les aclimató de diferente manera: con el primero se siguió el proceso general anteriormente descrito; al segundo se le sometió a un proceso de aclimatación más brusco, reduciendo más rápidamente el riego y colocándose a humedad ambiente en tan sólo una semana; y el tercer grupo se sacó directamente al exterior sin aclimatación previa.

Los resultados obtenidos a los cuatro meses de estar en el exterior fueron los expresados en la tabla 11.7.

Tabla 11.7. Porcentaje de supervivencia según la aclimatación.

	Aclimatación General	Aclimatación Rápida	Sin Aclimatación
% DE SUPERVIVENCIA	100	88,5	70
Nº MEDIO DE BROTES	1,50	1,23	1,47
CREC. MEDIO	1,26	0,93	0,83

Como puede verse en la tabla anterior (Tabla 11.7), al acortarse el proceso de aclimatación se produjeron unos porcentajes de supervivencia y unos crecimientos sensiblemente menores.



11.3.5. Características de la planta producida

PEÑUELA & OCAÑA (1993) proponen una serie de criterios, centrados en la problemática de la repoblación forestal en España, para el estudio de la calidad de la planta forestal. A pesar de que no se considera la posibilidad de que la procedencia de la planta sea de estaquilla se han utilizado estos criterios como guía para este estudio.

Se utilizaron plantas de acebo procedentes de estaquilla de las dos campañas de estaquillado realizadas en el otoño-invierno de 1994, con una diferencia de 4 meses de edad aproximadamente entre las plantas producidas, unas en otoño de 1994 y las otras en primavera de 1995.

Se seleccionó una muestra representativa de 30 plantas de cada tipo, escogiéndose las plantas al azar de cada una de los lotes obtenidos.

El contenedor en que se produjo la planta cumple con todas las características que KNIGHT *et al* (1993) y FISCHER & ROTH (1986) recomiendan para la producción de planta de acebo en envase (sistema antiespiralizante y de autorepicado; altura, sección y volumen mínimos necesarios...).

Los sistemas radicales de las plantas obtenidas presentaban las siguientes características cualitativas en otoño de 1995:

- Plantas de primavera del 95: un sistema radical denso, con ramificaciones secundarias y terciarias, repartido de forma homogénea a lo largo del corte de la estaquilla, está sin lignificar y sin una raíz principal; su profundidad comparativamente con las plantas producidas de semilla estudiadas era algo menor.
- Plantas de otoño del 94: un sistema radical muy denso y abundante, que ocupaba todo el cepellón del envase, no presentaban revirado ni deformaciones; no presentaban raíz principal, pero sí se encontraba ya lignificadas las raíces secundarias. Su profundidad era similar a los sistemas radicales de plantas procedentes de semilla de la misma edad.

Además se midió la altura, diámetro en el cuello de la raíz, se calculó su esbeltez, y se obtuvo el peso seco del sistema radical y la parte aérea de las plantas seleccionadas. El peso seco se ha calculado tras tener el material vegetal en estufa durante 24 horas a 80°C.

En el anexo 8.5 se incluye la tabla resumen de los valores medios de los lotes utilizados para realizar el estudio. Estos valores obtenidos nos sirven de manera meramente indicativa, ya que no existen unos valores promedio con los cuales podamos compararlos; en relación con otras especies, como por ejemplo los pinos (OFFICE NATIONALE DES FÔRET, 1990), podemos afirmar que nos encontramos con unas plantas de esbeltez y relación en peso seco de parte aérea y sistema radical adecuados y proporcionados.

Se observa que los valores de la altura y la esbeltez son mayores en las plantas producidas por estaquillado, siendo sin embargo los diámetros basales similares. Comparando, por medio de un análisis de varianza ($P < 0,05$) los resultados obtenidos para plantas de semilla y de estaquilla, se obtiene que no existen diferencias significativas entre los

valores de $\frac{PA}{SR}$ y $\frac{PA + SR}{SR}$ según el tipo de propagación utilizado, PA es el peso seco (gr) de

la parte aérea y SR el del sistema radical. Este resultado nos lleva a pensar que la planta producida por estaquilla ha sido capaz de desarrollar un sistema radical equilibrado y adecuado para sustentar a la planta y compensar así el material vegetal preexistente a su formación. Por tanto, no cabe esperar que su comportamiento en repoblaciones sea diferente, o que se adapte peor al terreno en las mismas condiciones.

12. BANCOS CLONALES Y PLANTACIONES EXPERIMENTALES



12. BANCOS CLONALES Y PLANTACIONES EXPERIMENTALES.

12.1. MATERIAL Y MÉTODOS

Se han realizado las siguientes plantaciones experimentales de acebo clasificadas según el fin de cada una de ellas:

- ❑ Plantaciones para la recuperación de la cubierta arbórea.
 - ✓ San Andrés de San Pedro.
- ❑ Plantaciones para el cultivo intensivo de acebo para aprovechamiento de ramilla ornamental.
 - ✓ Fuentecantos.
 - ✓ Canredondo.
 - ✓ Cabrejas.
 - ✓ Alcarama.
- ❑ Bancos clonales.
 - ✓ Vivero de Valonsadero.
 - ✓ Almazán.
 - ✓ Centro de Investigación.
 - ✓ Vivero de “El Amogable”.
- ❑ Test de clones.
 - ✓ Almarza.

La localización en el Mapa militar de España escala 1:50.000 del Servicio Geográfico del Ejército y el medio físico de las plantaciones se recogen en el anexo 8. Se incluye para cada una de ellas: la descripción de la plantación, localización y situación geográfica, fisiografía, geología y litología, edafología, características climáticas y vegetación actual y potencial.

Anualmente se han tomado los siguientes datos de cada planta: supervivencia, altura, diámetro basal, crecimiento longitudinal del último año, floración, fructificación y forma de las hojas. Además, se ha controlado: la fecha de plantación, la época y el año de enraizamiento, y las mediciones realizadas durante su permanencia en el vivero (altura, diámetro, esbeltez y crecimiento en altura del año anterior).

A partir del tercer año de plantación en campo se ha anotado también el grado de ramificación y el número de ramas de cada planta.

Con los resultados obtenidos a lo largo de los cuatro años estudiados, se ha elaborado una base de datos de cada plantación, se adjunta una ficha modelo de la misma en el Anexo 8.2.

12.1.1. Análisis estadístico

En primer lugar se han llevado a cabo dos análisis de varianza de planta de partida para estudiar la existencia de diferencias entre plantaciones: en el primero, se estudia la influencia de la época de enraizamiento en las características de la planta producida, y en el segundo, la planta utilizada cada año.

Con los datos recogidos en el seguimiento de las plantaciones durante sus cuatro primeros años se ha analizado la influencia sobre cada una de las variables estudiadas (altura, diámetro basal, crecimiento en altura y esbeltez, calculada como el cociente de la altura (cm) y el diámetro (mm) de los factores siguientes:

- ❑ clon al que pertenece cada planta,



- ❑ época de enraizamiento de la estacilla,
- ❑ fecha de plantación en campo,
- ❑ plantación en la que se coloca la planta.

Con el fin de facilitar el tratamiento de los datos han desechado los datos de todas aquellas plantas que no tenían una representación al menos de cinco plantas de su mismo clon en al menos tres plantaciones diferentes.

Se ha realizado un análisis de varianza anual de cada una de las variables citadas de forma independiente (NELSON, 2000; MEAD, 2000) utilizando un modelo lineal general saturado en el que se incluyen los factores anteriormente enumerados y sus posibles interacciones.

Analizando el modelo propuesto se pone en evidencia que al tratarse de diseño incompleto, en el que no todos los factores están cruzados entre sí, no es posible contrastar algunas de las interacciones.

La interacción de 4º grado ("*plantación * clon * época de estaquillado * fecha de plantación*"), la de 3º grado, "*plantación * fecha * clon*" y la de 2º grado, "*plantación * fecha*", no son estudiadas, ya que no se repitió de nuevo la plantación cada año en cada parcela de los mismos clones, por tanto, la fecha de plantación no está cruzada con el lugar de plantación.

Además, las restantes interacciones de 3º orden, "*clon * fecha de plantación * época de estaquillado*" y "*plantación * época de estaquillado * clon*", tampoco son evaluables. Existen demasiado huecos en la estructura de la tabla de datos del análisis de varianza, por lo que los análisis realizados y sus resultados, tanto del anova como de los contrastes, están demasiado limitados.

Por tanto, finalmente se seleccionó para el análisis de varianza un modelo compuesto por todos los factores principales y las interacciones de segundo orden excepto la anteriormente citada: "*plantación * fecha*".

Este modelo resultó ser significativo ($P < 0,05$) en todos los años estudiados. Solamente aparecieron diferencias significativas para una de las interacciones estudiadas, "*plantación * clon*", en las variables altura y crecimiento en altura durante el 1º y 2º año de seguimiento.

Estudiando con más detalle esta interacción, se observa que es debida a un efecto puntual que aparece en los clones que están situados en una zona del vivero de Valonsadero que se encharca temporalmente en primavera y produce unos crecimientos extraordinariamente grandes en estas plantas, posteriormente estos brotes se secan durante el verano, e incluso en muchos casos las plantas llegan a morir.

Al no existir más interacciones entre los factores estudiados y una vez eliminadas las plantas antes citadas, se estudia el efecto de cada uno de los factores principales sobre las variables medidas. El factor clon ya ha sido estudiado en el capítulo 11, dedicado a la selección de cepas.

Cuando existían diferencias significativas la separación de medias del factor clon se ha llevado a cabo mediante el test de la mínima diferencia significativa (LSD), que para el elevado número de datos que nos ocupa es más adecuado que los test de comparaciones múltiples excesivamente conservadores (ABRAIRA, 1996); y en el resto de los factores mediante el test de Duncan. Se han utilizado los procedimientos GLM, UNIVARIATE y CORR del programa estadístico SAS ® y todos los análisis se han realizado con una precisión del 95% de probabilidad.

Se han comprobado las premisas necesarias para realizar el análisis de la varianza de los datos: de normalidad, homocedasticidad e independencia de las variables necesarias para la correcta realización del análisis de la varianza:

1. Normalidad de los errores. Se ha realizado el test de normalidad de χ^2 , mediante el proc UNIVARIATE de SAS para muestra grandes de más de 500 datos. Los resultados obtenidos indican que no existe normalidad ($P < 0,005$).



2. Homocedasticidad. Se estudió mediante el test de Brawn & Forsythe, recomendado en los casos en que no exista normalidad de los residuos. Esta hipótesis se cumple para todas las variables ($P > 0,05$)
3. Independencia de residuos. Se estudia mediante el test de Durbin-Watson y se cumple para todas las variables estudiadas.

No se realizaron transformaciones de las variables, ya que según RUIZ-MAYA (1986) el efecto que produce el no cumplimiento de la hipótesis de normalidad no es grave en los modelos de efectos fijos, como es nuestro caso.

Y por último, para el análisis de varianza de la supervivencia la variable estudiada ha sido el porcentaje de marras. El tratamiento estadístico de estos datos se ha realizado mediante el procedimiento GENMOD del programa SAS®. Con este procedimiento se realiza un análisis de la varianza, mediante un modelo lineal generalizado, para una variable binomial aplicándose una transformación de tipo logístico (SAS, 1997).

12.2. PRIMEROS RESULTADOS.

12.2.1. Planta de partida.

Se han realizado mediciones de un total de 2.106 plantas de las producidas a lo largo de cuatro años. En ellas aparece una fuerte correlación entre la altura y el resto de las variables estudiadas, excepto con el diámetro (Tabla 12.1).

Tabla 12.1. Coeficientes de correlación de las variables altura, crecimiento en altura, diámetro basal y esbeltez en la fase de vivero.

	Esbeltez	Crecimiento	Altura	Diámetro
Esbeltez	*****	0,7081	0,8794	-0,1014
Crecimiento	0,7081	*****	0,8051	0,3597
Altura	0,8794	0,8051	*****	0,6226
Diámetro	-0,1014	0,3597	0,6226	*****

Se ha observado que existen diferencias significativas entre las plantas utilizadas cada año de plantación en todas las variables estudiadas. En el anexo 8.5 se incluyen las figuras del valor medio e intervalo de confianza del crecimiento en altura, diámetro, altura y esbeltez de las plantas de partida utilizadas cada año, en cada plantación y según su época de enraizamiento para las plantaciones experimentales de acebo ($\alpha > 95\%$).

El primer año que se realizaron plantaciones, 1995, no existen datos. En el resto de los años se aprecia una clara tendencia, con diferencias significativas ($P < 0,05$), a utilizar cada año planta de mayor tamaño, con crecimientos mayores en la fase de vivero y con mayor esbeltez (Figura 8.1 del anexo 8.5).

Para la época de enraizamiento de la planta utilizada no aparecen diferencias significativas ($\alpha > 95\%$), aunque en todos los parámetros medidos la media de las plantas producidas en primavera es mayor (Figura 8.2 del anexo 8.5).

En todas las características estudiadas existen diferencias significativas entre las plantas colocadas en cada plantación, independientemente de la fecha de plantación de la parcela. Los resultados estadísticos de la separación de medias para cada variable realizada mediante el Test de Tukey se incluye en el anexo 8.5, se recogen detalladamente las diferencias significativas existentes entre las plantaciones para cada una de las características estudiadas.

Los grupos de plantaciones significativamente diferentes varían según las características consideradas, y no es posible separar las plantaciones en grupos significativamente diferentes de



forma única para todas las características, pero en general, se pueden diferenciar tres grupos claramente definidos, aunque no significativamente diferentes para todas las variables (Figura 8.3 del anexo 8.5):

- ❑ Almazán, Canredondo1, Canredondo2, Vivero de Valonsadero, Vivero de Valonsadero (Ampliación) y San Andrés de San Pedro, presentan las plantas más gruesas, más altas, con mayores crecimientos en el año anterior y con las menores esbelteces,
- ❑ Cabrejas, Almazán, con características intermedias entre los otros dos grupos,
- ❑ Alcarama, Almarza y el Centro de Investigación, con las plantas más pequeñas y de menor esbeltez.

12.2.2. Seguimiento de las plantaciones.

12.2.2.1. Supervivencia.

La media anual de las marras en el conjunto de las plantaciones establecidas (Figura 12.1) no resulta un dato representativo de la realidad por su enorme variabilidad entre plantaciones (Figura 12.2), existiendo además diferencias significativas entre ellas todos los años estudiados (Figura 8.4 del anexo 8.5). Por este motivo, la evolución temporal de las marras en las plantaciones se ha estudiado individualmente para cada una de ellas.

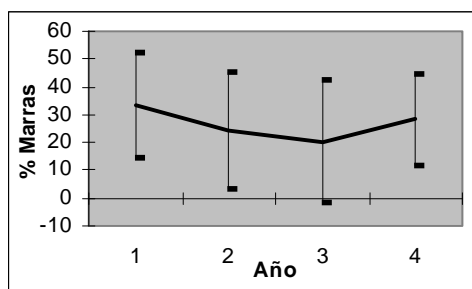


Figura 12.1. Valor medio e intervalo de confianza del porcentaje medio anual de marras de las plantaciones experimentales de acebo establecidas.

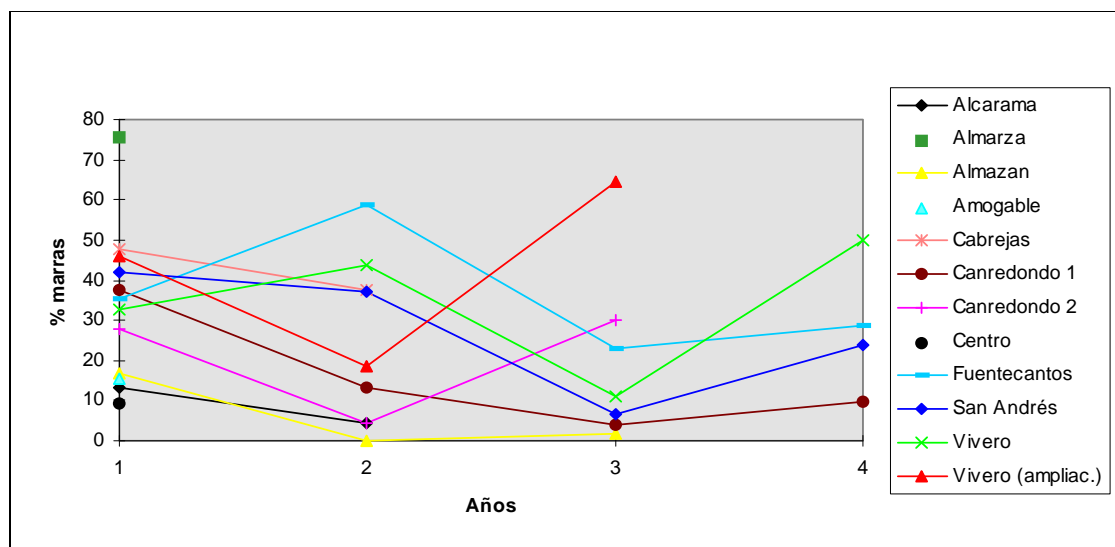


Figura 12.2. Porcentaje de marras anual de cada plantación.



La media de las marras en el primer año es de $33,44 \pm 18,8 \%$, pero se pueden diferenciar tres grupos de plantaciones significativamente diferentes con unas medias muy dispares:

- las plantaciones del Centro de Investigación, Alcarama, El Amogable y Almazán, con un porcentaje medio de marras del $13,7 \pm 3,6 \%$;
- las de Canredondo 2, Vivero de Valonsadero, Fuentecantos, Canredondo 1, San Andrés, Vivero de Valonsadero (Ampliación) y Cabrejas, con un $38,6 \pm 7,2 \%$;
- y finalmente, Almarza con un 76%.

El porcentaje de marras de la plantación de Almarza, un 76%, es un caso excepcional que se produjo por una plaga de ratones que afectó a la plantación, pero no puede considerarse aislado puesto que en otras plantaciones también se producen marras por esta misma causa, aunque en menor medida.

En las plantaciones de Almazán, Alcarama y el Centro de Investigación, en las cuales las marras son escasas, la planta inicial colocada en ellas presenta características comunes: las dimensiones y crecimiento en el año anterior son los más pequeños mientras que la esbeltez es elevada. No existen datos de la planta colocada en El Amogable, la otra plantación que integra este grupo.

El segundo año, el porcentaje de marras disminuye en todas las plantaciones excepto en Fuentecantos y el Vivero de Valonsadero. Siguen existiendo diferencias significativas entre los porcentajes de marras de cada plantación, agrupándose las plantaciones de la siguiente manera:

- Almazán, sin ninguna marra;
- Alcarama, Canredondo 2, Canredondo 1, Vivero de Valonsadero (Ampliación), con un $10 \pm 7,35\%$ de marras;
- San Andrés, Cabrejas y Vivero de Valonsadero, con un porcentaje medio de marras del $39,33 \pm 4,04 \%$;
- Fuentecantos con un 59 % de marras.

Las marras de este tercer grupo son excesivamente elevadas. En San Andrés de San Pedro, gran parte de las marras se deben a la entrada de ciervos y ganado doméstico que se comen las plantas, y algunas plantas mueren por encharcamiento al estar situadas en un pequeño arroyo estacional. La mayoría de las marras del Vivero de Valonsadero y algunas de zonas concretas de Cabrejas se deben también a encharcamientos temporales.

En la plantación de Fuentecantos, y en una parte de Cabrejas, las marras pueden estar producidas por las dificultades de la planta de asentarse en estos suelos de pH excesivamente altos para la especie. En Fuentecantos más de la mitad de las marras son plantas de dos años, en esta plantación y en el Vivero de Valonsadero no se vuelve a reponer marras.

En el tercer año siguen existiendo diferencias significativas en el porcentaje de marras de las plantaciones, de nuevo se puede separar las plantaciones en tres grupos significativamente diferentes:

- Almazán, Canredondo 1, San Andrés y el Vivero de Valonsadero, con un porcentaje medio de marras de $6 \pm 3\%$;
- Canredondo 2 y Fuentecantos con un $26,5 \pm 5 \%$;
- y el Vivero de Valonsadero (Ampliación) con un 65%.

Canredondo 1 y 2, que presentan similares condiciones están en diferente grupo, la mayoría de las marras de Canredondo 2 fueron a causa de roedores.

El descenso de las marras de San Andrés se debe al vallado de la plantación, realizado para evitar la entrada del ganado y la fauna silvestre, y a no haberse repuesto marras en las zonas que se encharcan donde se habían muerto en los dos años anteriores.

Lo mismo ocurre en el Vivero de Valonsadero donde no se producen casi marras al no haberse repuesto el año anterior.



En el cuarto año se obtienen 3 grupos de plantaciones significativamente diferentes en función de las marras que se han producido:

- Canredondo 1 con un 10%,
- San Andrés y Fuentecantos, con un porcentaje medio de marras del $26,5 \pm 3,4\%$;
- Vivero de Valonsadero con un 50% de marras.

En el Vivero y en Fuentecantos se ha dejado de regar y de realizar todo tipo de trabajos culturales, las marras que aparecen en estas plantaciones son plantas de 2, 3 e incluso 4 años que no han llegado a arraigar sobre el terreno.

En San Andrés de San Pedro el elevado porcentaje de marras se debe de nuevo a la entrada en la parcela de ovejas y corzos, también aparecen algunas plantas, en menor cuantía, comidas por roedores.

12.2.2.2. Descripción y evolución de las características de la planta estudiadas.

En la figura 12.3 se aprecia que la evolución de los valores máximos y medios de las variables altura, diámetro y crecimiento en altura es similar, así como que se produce un aumento en los intervalos de confianza de las medias, y por tanto, en la variabilidad, a la vez que aumenta el valor medio de las variables.

El aumento de la varianza de las variables, se debe fundamentalmente a que las plantas que se encuentran en condiciones más hostiles, pero no llegan a morir, presentan alturas, diámetros y crecimientos mucho menores de lo que cabría esperar. Por este mismo motivo cabe pensar que los valores medios de estas variables en unas condiciones adecuadas para el crecimiento de la especie serían mayores.

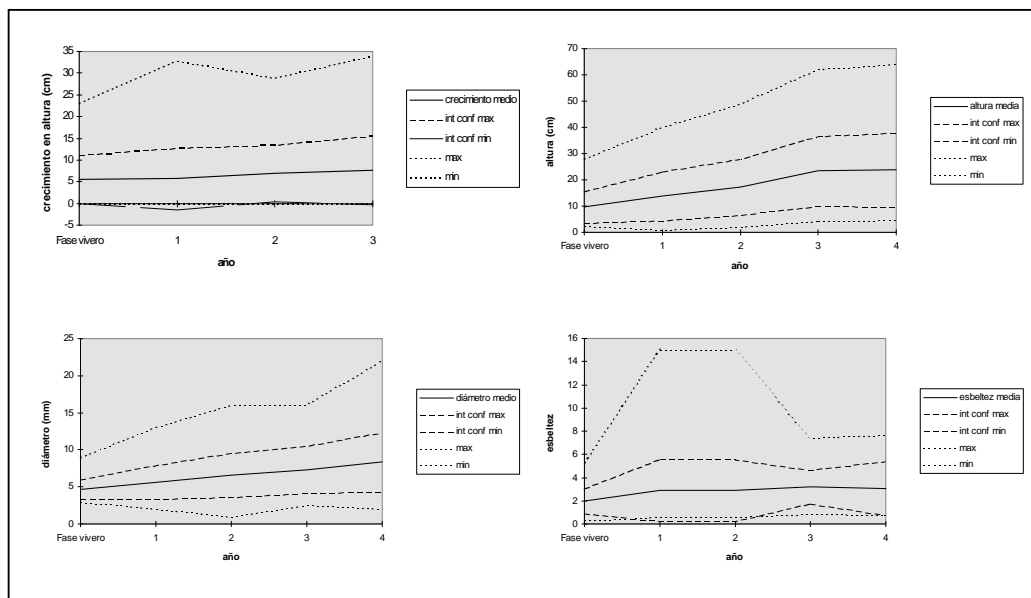


Figura 12.3. Valor medio, máximo, mínimo e intervalo de confianza del crecimiento en altura, diámetro, altura y esbeltez para cada año estudiado.

En el diámetro se aprecia un crecimiento lineal del mismo a lo largo del tiempo (Figura 12.3), este hecho concuerda con el modelo de crecimiento diametral propuesto en el capítulo 6 y que se produce típicamente en aquellas variables cuyos incrementos dependen del valor inicial de la variable.



La esbeltez aumentó enormemente su variabilidad al pasar las plantas del vivero al campo (Figura 12.3) y posteriormente volvió a estabilizarse, aunque su valor medio varía muy poco a lo largo de todo el periodo estudiado.

La altura media aumenta a lo largo del tiempo, pero mucho menos de lo que cabría esperarse en función de crecimiento anual en altura. La explicación debe buscarse en varias causas: los ataques de ganado y/o mamíferos ramoneadores, las heladas tardías y la sequía.

Existe una fuerte correlación entre la altura y el crecimiento en altura en todos los años estudiados y su coeficiente de correlación se mantiene casi constante a lo largo de todo el periodo estudiado, incluso en la fase de vivero.

12.2.2.3. Diferencias según la “Epoca de estaquillado” de la planta.

Solo aparecen diferencias significativas para este factor el primer año de estancia de las plantas en el campo, y solamente para las variables altura, crecimiento en altura y esbeltez. Para todas ellas son significativamente mayores las plantas producidas en otoño (Figura 8.5 del anexo 8.5). El valor medio del diámetro es también mayor en las plantas estaquilladas en otoño, pero no significativamente (Figura 8.5 del anexo 8.5).

Sin embargo, los valores medios de estas variables en la fase de vivero, o sea, en las plantas inicialmente colocadas en campo, eran menores para las plantas de otoño que para las de primavera (Figura 12.4). Este hecho podría deberse a una más fácil adaptación después del trasplante de las plantas con menor tamaño y esbeltez.

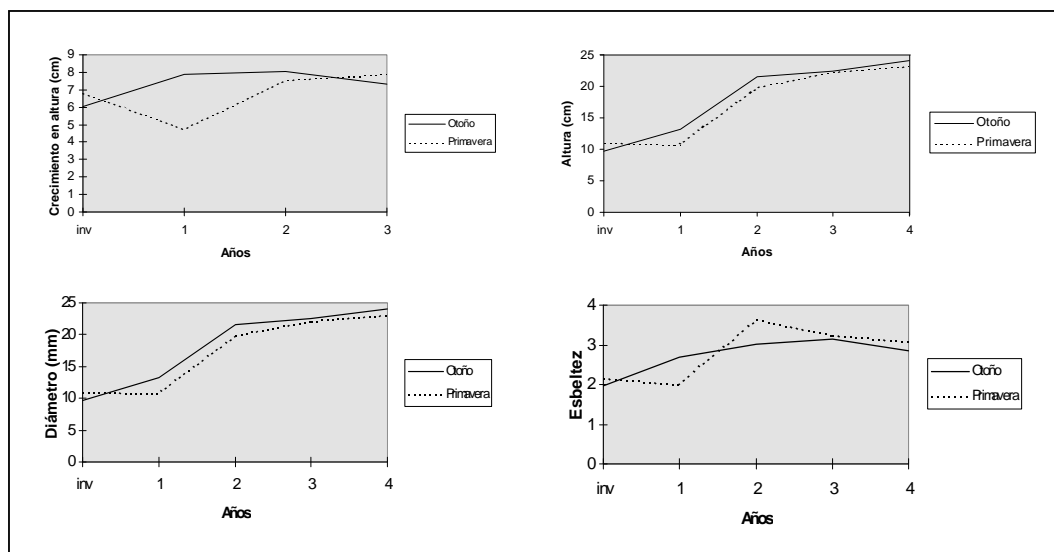


Figura 12.4. Evolución del valor medio anual del crecimiento en altura, la altura, el diámetro y la esbeltez de las plantas utilizadas en las plantaciones experimentales realizadas según su época de estaquillado.

En los años siguientes desaparecen las diferencias significativas entre las plantas producidas en diferente época, comportándose todas de forma similar. La evolución de cada uno de los tipos de plantas puede observarse en la figura 12.4.

12.2.2.4. Diferencias según la “Fecha de plantación”.

En la figura 12.5 se reflejan los valores medios del crecimiento en altura, la altura, el diámetro y la esbeltez de las plantas utilizadas en cada año en las plantaciones experimentales realizadas.

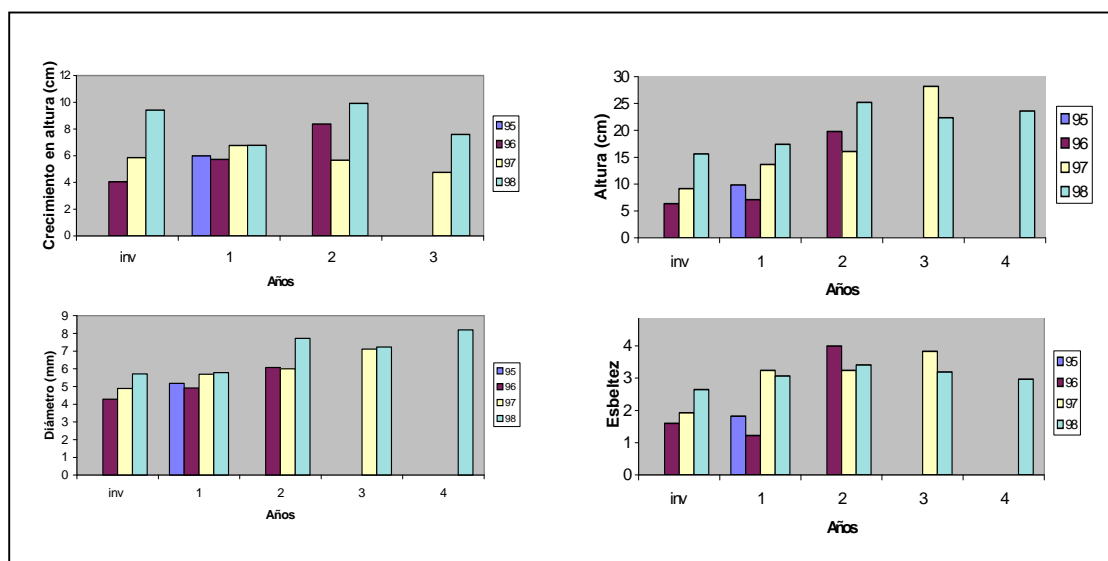


Figura 12.5. Valor medio del crecimiento en altura, la altura, el diámetro y la esbeltez de las plantas según su edad y su fecha de plantación.

No se debe olvidar que las plantas de partida ya eran significativamente diferentes, en todas las características estudiadas, en el momento de su plantación (Figura 8.1 del anexo 8.5), estas diferencias se mantienen significativas durante los dos primeros años. A partir del tercer año ya no aparecen diferencias significativas entre las plantas para ninguna de las características estudiadas.

El primer año aparecen diferencias significativas solamente para la altura y el diámetro (Figura 8.7 del anexo 8.5). Las alturas de las plantas utilizadas en 1996, 1997 y 1998 son significativamente diferentes entre sí, y ninguna de ellas presenta diferencias significativas con las plantas colocadas en 1995. En el caso del diámetro, las plantas utilizadas en 1995 tampoco presentan diferencias significativas con el resto, las utilizadas en 1996 son significativamente diferentes de las de 1997 y 1998, y estas últimas tampoco son significativamente diferentes entre sí (Figura 8.7 del anexo 8.5).

Se aprecia en la figura anterior la gran heterogeneidad que presentan en todas sus características las plantas utilizadas en 1995 después de 1 año en campo (figura 8.7 del anexo 8.5). Un año después, en el segundo año, se observa que la heterogeneidad de las plantas colocadas en 1995 ha aumentado aún más (Figura 8.8 del anexo 8.5).

En este segundo año de las plantas en campo se encuentran diferencias significativas para el crecimiento en altura, la altura y el diámetro. Las plantas utilizadas en 1996 y 1997 son significativamente diferentes para estas características, mientras que las de 1995, debido a su gran dispersión no presentan diferencias significativas con el resto (Figura 8.8 del anexo 8.5).

12.2.2.5. Diferencias según el lugar de "Plantación".

Existen diferencias significativas entre plantaciones para todos los años estudiados, desde la planta de partida hasta los 4 años de edad en todas sus características estudiadas. Las tablas resumen con todos los niveles de significación de las diferencias significativas entre las plantaciones para cada una de las variables y para todos los años se incluyen en el anexo 8.5.

Se ha realizado una agrupación de plantaciones para cada año estudiado de acuerdo con las diferencias significativas existentes para todas las variables. Los grupos de plantaciones que se exponen a continuación, no son estrictamente diferentes significativamente entre sí para todas



las variables, y en algunos casos es posible que aparezcan diferencias significativas para algunas variables entre plantaciones del mismo grupo.

El primer año se pueden diferenciar los 3 grupos siguientes, sus características medias e intervalos de confianza de la media pueden verse en la figura 8.6 del anexo 8.5:

- Centro de Investigación, Vivero de Valonsadero, Cabrejas, y Vivero del Amogable. Sus valores medios de altura, crecimiento en altura y diámetro son los más elevados.
- Canredondo I y II, Fuentecantos Vivero de Valonsadero (ampliación) y San Andrés. Presentan unas características intermedias entre los otros dos grupos.
- Almazán, Almarza y Alcarama. Presentan los valores más bajos.

El segundo año se pueden diferenciar los 3 grupos siguientes, sus características medias e intervalos de confianza de la media pueden verse en la figura 8.9 del anexo 8.5:

- Almazán.
- Vivero de Valonsadero, Vivero de Valonsadero (ampliación), Cabrejas, Canredondo I y San Andrés, con valores más altos en todas las características estudiadas.
- Canredondo II, Fuentecantos y Alcarama.

El tercer año se pueden diferenciar solamente 2 grupos, sus características medias e intervalos de confianza de la media pueden verse en la figura 8.10 del anexo 8.5:

- Canredondo I y II, Almazán y Vivero de Valonsadero.
- Vivero de Valonsadero (ampliación), Fuentecantos y San Andrés.

El cuarto año se pueden diferenciar también solamente 2 grupos, sus características medias e intervalos de confianza de la media pueden verse en la figura 8.11 del anexo 8.5:

- Canredondo I y Vivero de Valonsadero.
- Fuentecantos y San Andrés.

En la figura 12.6 se han recogido los valores medios y la evolución anual de la altura, crecimiento en altura, diámetro y esbeltez de cada una de las plantaciones realizadas.

El crecimiento medio anual en altura, en general, ha disminuido el primer en todas las plantaciones. En el vivero de Valonsadero y en Cabrejas ha aumentado debido a que la capa freática se encuentra muy en primavera y en estas circunstancias los acebos presentan grandes crecimientos.

El segundo año, el crecimiento ha aumentado en todas las plantaciones (Figura 12.6), excepto en Fuentecantos y en el Vivero de Valonsadero. Aunque en este último, el crecimiento medio del segundo año es mayor que el de la planta de partida. Sin embargo, Fuentecantos es la plantación con mayor cantidad de marras, exceptuando Almarza (Figura 12.6), y se supone que el descenso del crecimiento medio se deba a las dificultades de arraigo de las plantas en esta parcela.

El gran crecimiento que se presenta este segundo año en Almazán se debe sin duda a la abundancia de agua en el suelo y a la sombra de los chopos bajo los cuales se encuentra la plantación.

Para las plantas de tres años solo se tienen datos de crecimiento anual en altura de tres plantaciones (Figura 12.6). En Fuentecantos se sigue produciendo el mayor número de marras el segundo año, así que el descenso del crecimiento medio apreciado para las plantas de dos años y que continua a los tres años se debe claramente a la falta de adaptación de las plantas a la parcela. El clima de esta parcela es el mismo que en muchas otras, como por ejemplo Canredondo, el Centro de Investigación o el vivero de Valonsadero. En este último también sucede lo mismo, las plantas con mayores crecimientos en su brotación se secan durante el verano. Si se observa la evolución de la altura de las plantas (Figura 12.6), se puede apreciar claramente que este gráfico es un fiel reflejo del crecimiento antes comentado.

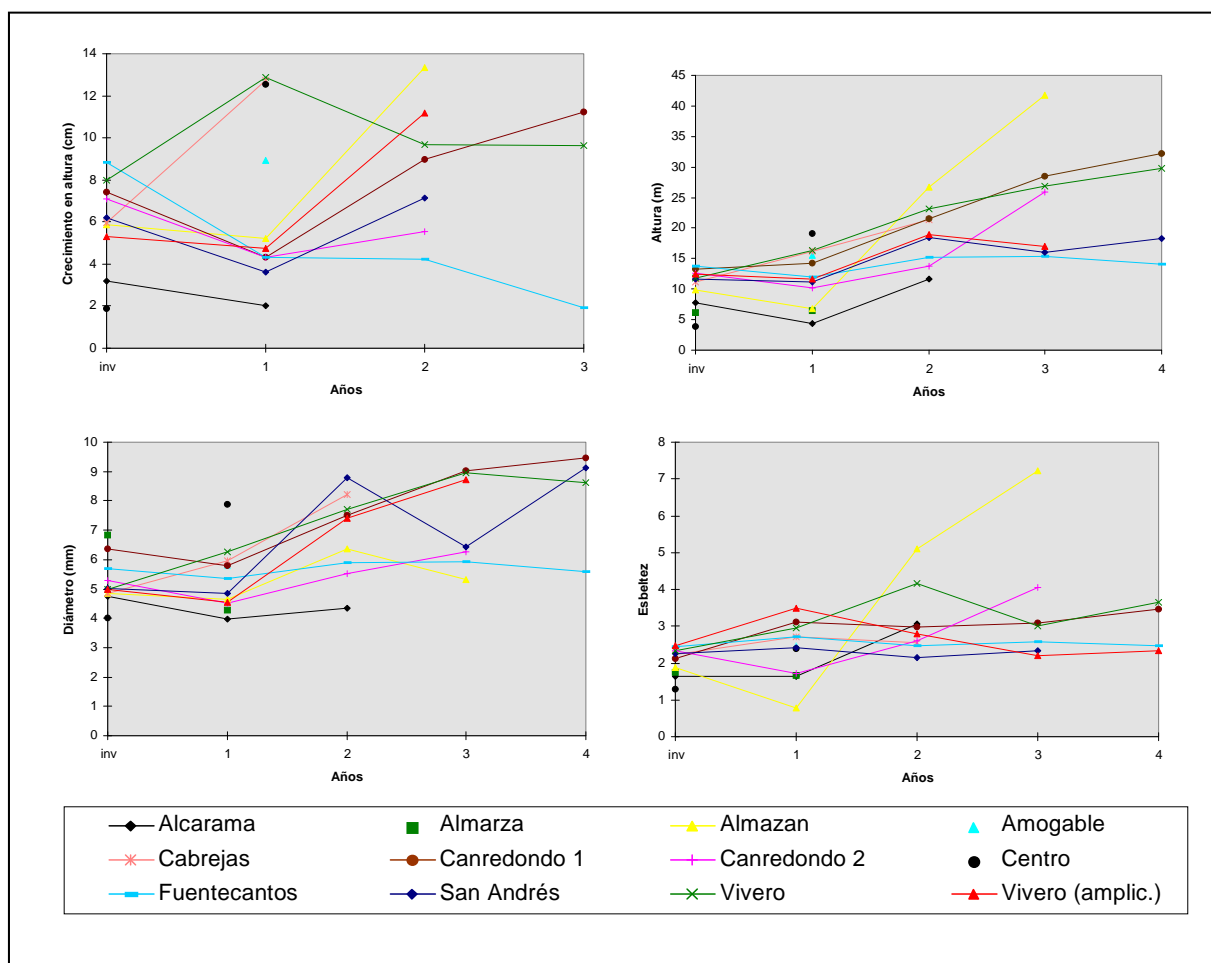


Figura 12.6. Valor medio anual del crecimiento en altura, altura, diámetro y esbeltez de las plantaciones experimentales de acabo.

Resulta muy difícil estudiar la evolución del diámetro en estas plantas de pequeñas dimensiones. Su variación es muy pequeña y los errores que pueden cometerse en su medición resultan muy groseros frente a su medida. Parece razonable suponer que los descensos en el diámetro medio que se producen en algunas plantaciones se deben a la muerte de las plantas de mayor diámetro, además, en general estas variaciones anómalas coinciden con eventos excepcionales en las parcelas, como por ejemplo ataques de roedores, mamíferos ramoneadores o fuertes heladas tardías. También el descenso del diámetro medio basal de la mayor parte de las plantaciones de la planta de partida a un año después. Obviamente este descenso se debe a la imprecisión de las medidas.

La esbeltez es el parámetro que se mantiene más constante en todas las plantaciones a lo largo del tiempo de estudio. Su valor se mueve entre 1,6 y 3,1.

Comparando las marras de las plantaciones (Figura 12.2) con los valores de la esbeltez de la planta de partida, se observa que las plantaciones con valores medios más bajos de esbeltez son las que menos marras han tenido, sin tener en cuenta el caso excepcional de Almarza. Estas plantas coinciden además con las más pequeñas y con menores crecimientos en la fase de invernadero (Apartado 12.2.1).

13. CONCLUSIONES



13. CONCLUSIONES.

1. Las acebedas del Sistema Ibérico Norte son masas de monte bajo con estructura irregular, en las que el ganado ha sido el principal configurador de las mismas. Debido al ramoneo del ganado, en las zonas abiertas el acebo forma cepas cónicas, de planta oval, con una cubierta foliar muy densa, continua y regular, con multitud de troncos verticales muy ramificados procedentes de acodos y brotes de raíz, que pueden llegar a densidades equivalentes a 25.000 pies/ha. En su base están rodeados de una orla con aspecto de seto recortado, con hojas pequeñas, muy pinchudas y alabeadas.
2. El acebo como especie no corre peligro de extinción en el Sistema Ibérico Norte. Su persistencia está garantizada por su capacidad de rebrote, tanto de cepa como de raíz. Sin embargo, la regeneración sexual solo se produce de forma ocasional entre los espinos y en las orlas de los acebos maduros, lugares donde el microclima favorece la germinación de la semilla y el arraigo de las plántulas, y encuentra protección frente al ganado.
3. La regeneración en las “zonas de espesura trabada” es fundamentalmente vegetativa. Aunque se encuentra abundante semilla en el suelo y una emergencia suficiente de plántulas y brinzales jóvenes, sin embargo, en sus primeros meses de vida mueren las 3/4 partes de ellos, no llegando a superar los tres años más que un 8% de los nacidos. En las zonas no arboladas y sin matorral, no aparece regeneración por semilla; el exceso de encespedamiento del pasto (en definitiva, consecuencia de la elevada carga ganadera en el pasado) y la falta de aporte de semilla constituyen factores limitantes para la regeneración por semilla en estas zonas.
4. El acebo rebrota intensamente tras las cortas, tanto de cepa como de raíz, emitiendo una media de 100 brotes/m² cuando está protegido del ramoneo y alcanzándose los 300 brotes/m² en las zonas ramoneadas. En estas se produce también un número medio de brotes por tocón más elevado, aunque de menor diámetro y altura, y con menor ramificación. Dentro del rango de edades estudiado, hasta los 125 años, la edad de los pies no influye significativamente en su capacidad de emitir brotes tras una corta.
5. La presión del ganado impide el normal desarrollo de las cepas en las primeras edades, tardando más de 25 años en alcanzar 1,3 m. Comienza entonces la formación de nuevos pies cuyo número medio a los 80 años llega a 34 pies /cepa distribuidos en dos metros de radio alrededor del pie central, con una altura media entre 5 y 6 m. En las cepas con más de 110 años existe un decaimiento de los pies centrales, el número de nuevos brotes jóvenes que aparecen en la cepa disminuye y la altura máxima alcanzada queda desplazada a pies laterales.
6. Se ha modelizado el crecimiento en altura y en diámetro para los chirpiales y las cepas de acebo. Se han elaborado diferentes ecuaciones para distintas zonas de la masa. Se ha ajustado la ecuación de crecimiento de Richards generalizada con tres coeficientes variables mediante regresión no lineal con el método de Mardquart a los crecimientos acumulados obtenidos por análisis de troncos de parcelas temporales en todos los casos, excepto para el diámetro de copa de las cepas, para el cual se ha elaborado por regresión lineal un modelo empírico dependiente de la altura total de la cepa.



7. A partir de las funciones de crecimiento seleccionadas se deduce que el crecimiento medio anual en diámetro y en altura de los chirpiales presenta diferentes pautas de comportamiento en distintas zonas de las acebedas. Se han encontrado diferencias significativas para el diámetro de los chirpiales entre las zonas más densas y el resto de la masa. El diámetro es siempre decreciente en las zonas más densas, estratos 1 y 2, y alcanza su máximo crecimiento medio anual en las primeras edades, antes de los 25 años, en el resto de las zonas. El estancamiento del crecimiento en altura de las cepas no se había producido todavía en ninguna de las cepas estudiadas, se supone que este se debe producir después de la fusión de las mismas.
8. Los modelos de producción de biomasa elaborados permiten la estimación de la producción de los principales aprovechamientos de las acebedas del Sistema Ibérico Norte, a partir de un inventario forestal sencillo de la masa. Los modelos ajustados para la biomasa leñosa son exponenciales con polinomios del diámetro normal y la altura total del árbol en el exponente, mientras que la biomasa de hojas responde a modelos alométricos con el diámetro normal como variable independiente. Para las cepas la altura total de la cepa, que coincide con la altura y la longitud de la copa, es mejor variable explicativa que otras dimensiones de la copa como el diámetro o el perímetro de la misma. La densidad reduce significativamente la cantidad de biomasa por árbol de los chirpiales, pero las proporciones de cada una de las fracciones de la biomasa son similares.
9. Para la producción de ramilla ornamental resulta más aconsejable el recorte de ramillas por toda la copa de la cepa que el trasmocho de la misma, y se recomienda la reducción del periodo de rotación de nueve años a seis o siete, y aumentar el porcentaje de corta hasta un 35-40% de la masa foliar de la cepa.
10. El modelo de árbol individual de producción de ramilla ornamental para las cepas sin competencia lateral de la zona adeshada permite predecir las cantidades medias de ramilla ornamental que integran estas cepas. Igualmente, el modelo de producción de leñas de acebo, tanto para los chirpiales como para las cepas, permite estimar la producción de leñas que se produzcan como residuos de los tratamientos selvícolas que se realicen en estas masas.
11. Se ha realizado una selección de 95 clones con buenas características para la producción de ramilla ornamental. Los clones procedentes de la misma acebeda presentan pautas de comportamiento más homogéneas. Esto puede deberse a los efectos específicos del pastoreo y aprovechamientos tradicionales que ha sufrido cada monte, y a la menor diversidad genotípica de cada acebeda, ya que la reproducción vegetativa dentro de ellas es intensa.
12. Se ha puesto a punto una metodología para la propagación vegetativa por estaquilla, que permite alcanzar un porcentaje de enraizamiento del 95 %. El sexo y la posición en la copa del donante no tienen influencia. La aclimatación progresiva y el repicado de la planta producida tienen gran influencia en el porcentaje final de planta disponible para su plantación definitiva.
13. Se ha puesto en evidencia la viabilidad y potencialidad de las plantaciones de acebo para producción de ramilla ornamental en la provincia de Soria con un nivel de prácticas



culturales adecuado. Los mejores porcentajes de arraigo y los crecimientos mayores se han conseguido bajo cubierta, o sea, con un cierto grado de sombra. Las diferencias de partida de las plantas utilizadas en las plantaciones tienden a desaparecer, a los dos o tres años de estar las plantas en campo.

14. RECOMENDACIONES PRÁCTICAS PARA LA GESTIÓN.



14. RECOMENDACIONES PRÁCTICAS PARA LA GESTIÓN.

14.1. INTRODUCCIÓN.

Las recomendaciones para la gestión de las acebedas que se citan a continuación están principalmente dirigidas a la conservación y mejora del estado actual de las acebedas del Sistema Ibérico Norte y a la mejora de sus principales aprovechamientos.

Se ha considerado interesante en primer lugar realizar una revisión de las principales características de las acebedas y de su comarca que, de alguna manera, puedan actuar como condicionantes para la realización de los aprovechamientos y tratamientos selvícolas en estas masas.

En base a los resultados obtenidos en los estudios realizados en esta Tesis, y teniendo en cuenta las características y condicionantes presentes en estas masas, se plantean una serie de posibles mejoras en sus aprovechamientos y tratamientos selvícolas para garantizar su conservación racionalizando al mismo tiempo sus aprovechamientos.

14.2. CONSIDERACIONES PREVIAS.

Al hablar de las acebedas del Sistema Ibérico Norte se debe tener siempre presente que se trata de unas masas muy singulares, de origen claramente antrópico, generadas y conservadas por la acción del hombre y sus aprovechamientos tradicionales. Estos aprovechamientos han sido, en su mayor parte, abandonados desde los años 70 al producirse un fuerte flujo migratorio que ha dejado los pueblos de la comarca con muy escasa población y de avanzada edad.

Este abandono del monte por parte de los habitantes de la zona supone un grave problema para la dinámica de estos ecosistemas que será necesario paliar mediante tratamientos selvícolas.

Actualmente tienen especial importancia el aprovechamiento de ramilla ornamental y el de pastos. La población de la zona vive esencialmente de la ganadería, y la ramilla ornamental supone unos ingresos importantes para los ayuntamientos de estos pueblos, ya que es el único ingreso directo de cierta cuantía existente que no procede del Estado, la Administración Local o Regional.

Además, estos montes poseen un gran valor paisajístico y recreativo, aunque aún no se ha desarrollado su potencial turístico, reciben un gran número de visitas, que cada año va en aumento, y están en el centro de atención de los grupos conservacionistas. La mayoría de ellos están incluidos en la Red de Espacios Naturales Protegidos propuestos para la Red Natura 2000.

Por todo ello, las actuaciones selvícolas que se realicen en estos montes, y en especial en el Acebal de Garagüeta, deben estar cuidadosamente integradas con el entorno, ser especialmente respetuosas con el paisaje, y, en todo caso, pecar de conservadoras.

Por otro lado, se debe tener en cuenta la especial dificultad y penosidad del trabajo en las acebedas, y que los subproductos que se pueden obtener de estos tratamientos selvícolas, en ningún caso, rentabilizan estos trabajos de elevados costes.

Finalmente, es importante señalar que, si bien el acebo, como especie acompañante de otros bosques, no está en peligro de extinción, las acebedas sí corren un grave riesgo de



desaparecer si no se gestionan adecuadamente. Por eso, es necesario potenciar y fomentar sus aprovechamientos, controlándolos mediante su ordenación, y sustituyéndolos por los tratamientos selvícolas adecuados si es necesario.

14.3. PRINCIPALES APROVECHAMIENTOS

La producción pascícola de las acebedas es una de las bases fundamentales del sistema ganadero local, ya que estas contienen los principales pastos de verano de la zona. La articulación temporal del pastoreo que actualmente se utiliza en estos montes es adecuada y debe mantenerse los periodos de descanso que conlleva.

En la mayor parte de las acebedas, el pasto se encuentra muy recomido y se degrada hacia una mayor presencia de anuales y un acortamiento de su altura debido a la intensidad del pastoreo por lo que se deben controlar las cargas ganaderas para mantener la calidad de los pastos y proteger el regenerado, teniendo en cuenta el carácter vecinal del pastoreo y las precarias condiciones socioeconómicas de la comarca, eminentemente ganadera, es muy difícil en la práctica la reducción de la carga ganadera, por lo que en aquellos montes donde la carga ganadera actual sea excesiva, se podría complementar al ganado, o bien, intentar aumentar y mejorar las superficies pascícolas si fuera posible.

No se considera adecuada la desaparición del ganado de estos ecosistemas para su conservación ya que es necesario para mantener el porte actual en las cepas de la zona adehesada, controlar el rebrote de las zonas donde se realicen tratamientos selvícolas, y además diseminar las semillas del acebo.

De acuerdo con los resultados del estudio del aprovechamiento de ramilla ornamental, parece aconsejable el recorte de ramillas por toda la copa de la cepa, reduciéndose el uso del trasmocho a situaciones concretas. Manteniendo un sistema de cortas similar al actual, se puede recomendar la reducción del periodo de rotación, pasando de los nueve años actuales a solamente seis o siete, y aumentar el porcentaje de corta hasta un 35-40% de masa foliar de la cepa. Se puede aceptar la corta de algunas de las guías de la cepa, siempre que se entresaquen y no modifiquen la forma ni las dimensiones de la copa. Se recomienda que se corte ramillas en toda la superficie de la copa sin dejar al descubierto en ningún momento los troncos en sus zonas bajas. Sería interesante también, la ampliación y adelanto de la época de recolección para disponer de más tiempo para la elaboración de los productos y su transporte a los mercados.

Se debe favorecer la creación de empresas locales para la transformación y comercialización de la ramilla, así como el desarrollo de nuevos productos en los que se puedan utilizar hojas y ramillas sin frutos procedentes de cepas macho que actualmente no se cortan. Además, resultaría interesante la elaboración de una ecoetiqueta que certificara el origen de estos productos y garantizara al consumidor que no suponen ningún perjuicio para las acebedas, sino al contrario.

Tampoco se debe olvidar a la hora de planificar las actuaciones en estas masas el creciente desarrollo del turismo rural en la comarca, la solicitud por parte de algunos ayuntamientos de la declaración de espacio protegido para sus acebedas y su inclusión de las mismas en la Red Natura 2000.

Finalmente, se considera especialmente interesante recuperar el aprovechamiento tradicional de leñas, ya que sino será necesario la realización de costosos tratamientos selvícolas que lo sustituyan. Si bien la demanda de leña en la zona no es muy grande, sí se podría utilizar



esta madera de pequeñas dimensiones para la elaboración de pequeñas piezas de marquetería o tornería o recuerdos típicos de la zona ligados al desarrollo turístico de la comarca.

14.4. TRATAMIENTOS SELVÍCOLAS RECOMENDADOS.

Los tratamientos selvícolas propuestos se van a organizar según la zona de la acebeda a la que vayan dirigidos y de acuerdo con los fines que persiguen.

A lo largo de todo este trabajo se ha mantenido la división de las acebedas en tres zonas según la vegetación presente (la descripción detallada de cada una de ellas puede consultarse en el capítulo 3): en primer lugar, una zona de pastos, sin vegetación arbórea; otra zona con acebos dispersos entre praderas, que denominamos “zona adehesada”; y una zona cubierta por una masa pura de acebo de espesura completa o trabada, que se ha denominado “zona densa”.

Para la definición y clasificación de los tratamientos selvícolas se ha incluido una zona más, que se ha denominado “zona de transición” en la que se incluyen aquellas zonas con espesura completa o casi, en las que ya existe tangencia de copas entre las cepas de acebo pero sin perderse aún su forma de árbol individual.

Además de los tratamientos selvícolas que se detallan a continuación, se considera interesante realizar una revisión de las ordenaciones existentes, ya que desde su puesta en marcha hasta la actualidad se han detectado algunas divergencias entre los modelos teóricos propuestos y la aplicación real a estos montes. Finalmente, también sería conveniente el mantenimiento y mejora de las pistas de estos montes y sus accesos.

14.4.1. Zona de pastos.

Ayuda a la regeneración por semilla en zonas desarboladas.

En general, no es necesario, ni tampoco conveniente dada la dinámica natural de estas masas que tienden a aumentar sus densidades, el fomento de la regeneración del acebo en las acebedas. Puntualmente en aquellas masas con superficies desarboladas importantes, podría resultar interesante ampliar la superficie que ocupa el acebo.

Siendo dentro de los matorrales espinosos presentes en estas masas donde con más éxito se produce la regeneración por semilla de esta especie, el método más adecuado para lograr su extensión sería evitar el desbroce de matorrales espinosos existentes en estas zonas, y en caso de no existir cubierta arbustiva sería necesaria la plantación de matorrales espinosos propios de la zona.

Si en estas zonas no existe el suficiente aporte de semillas a través del ganado y las aves, se deberá realizar una siembra a voleo en las zonas de matorrales existentes o instalados. Es preferible la utilización de semilla que de fruto para estos fines, en los ensayos de germinación de semilla realizados en vivero se han logrado mejores resultados con estas.

Para el éxito de este tratamiento en principio no se considera imprescindible el acotado al pastoreo de estas zonas, al menos hasta que los acebos regenerados bajo los matorrales no sobresalgan de estos. Y solamente sería necesario hasta que la altura de los acebos supere los 1,5-2 m de altura.

El acotado al pastoreo puede resultar útil para evitar la fase de crecimiento en la que las cepas de acebo se encuentran excesivamente comidas, e incluso dominadas, por el ramoneo del



ganado. Las cepas estudiadas tardaban una media de 50-60 años, pudiendo llegar incluso a 90 años, en alcanzar los 1,5 m de altura.

Una vez lograda la regeneración de estas superficies, debe de mantenerse un estricto control de las densidades y espaciamientos entre cepas para evitar que se produzca prematuramente la tangencia de copas y el cierre de la masa.

Aceptando como adecuado un marco de plantación de 7 m para los acebos de producción de ramilla ornamental, se puede considerar una densidad adecuada para estas masas naturales en estado adulto una densidad entorno a los 200 pies/ha. Aunque inicialmente parezca una espesura muy pequeña, el desarrollo espacial de las copas de las cepas de acebo supone una considerable cobertura del suelo. Según el modelo de crecimiento de cepas de acebo desarrollado, una cepa de 4m de altura ocupa aproximadamente 8 m² de superficie.

Mantenimiento y aumento de las superficies pascícolas.

Este tratamiento va dirigido a evitar que se formen extensas zonas de matorrales impenetrables en las praderas dispersas que aparecen entre las zonas adehesadas de las acebedas.

Estas superficies de matorrales, que actualmente ocupan una buena parte de algunas acebedas de la zona, como por ejemplo, en Estepa de San Juan y Castilfrío de la Sierra, no benefician a la estructura y conservación de la masa. Al contrario, provocan un aumento de la espesura de la masa en zonas de pastos que no deberían perderse, crean una continuidad del estrato arbustivo que aumenta el riesgo de incendios, y perjudican tanto al aprovechamiento ganadero como al de ramilla ornamental.

Se propone la realización de rozas. En zonas de escasa superficie y cercanas a masas densas, o de densidades elevadas de acebo, se procederá a la eliminación total de estos matorrales, sin embargo en superficies grandes situadas cerca de zonas adehesadas de acebo se pueden realizar estas rozas dejando algunas islas aisladas de matorral espaciadas un mínimo de 10 m entre ellas y a los acebos cercanos donde pueda producirse la regeneración por semilla del acebo.

14.4.2. Zona adehesada.

Resalveo en cepas con claros síntomas de decaimiento.

Obviamente, con este tratamiento lo que se pretende es mejorar el estado de conservación de la masa. Se aplica en la zona adehesada de la acebeda a las cepas de acebo aisladas o en las cuales se está iniciando la tangencia de copas que presentan zonas de su copa excesivamente ramosas con claros síntomas de defoliación, y estados más o menos avanzados de puntisecado en parte de sus pies.

En estas cepas de acebo se debería realizar un resalveo en su interior, eliminándose los pies envejecidos, que suelen ser generalmente los centrales y más viejos. Como se ha visto en el estudio de la estructura de estas cepas, a partir de los 100-110 años en los pies centrales se produce un cierto decaimiento en su crecimiento, y pasan a ser los pies situados a una distancia aproximada de 50 cm a 1 m de ellos los que presentan un crecimiento más vigoroso.

De esta manera, se disminuye la densidad interna de las cepas, que llegan a alcanzar densidades equivalentes a los 25.000 pies/ha, se libera de competencia y se permite un mejor desarrollo de los pies más jóvenes de la cepa.



Según los estudios realizados por Roberts y su grupo en la Universidad de Oregón (ROBERTS & TICKNOR, 1970), se puede llegar a eliminar entre un tercio y la mitad de los pies que integran la cepa, sin excederse de la mitad de la biomasa de las mismas.

Aumento del espaciamiento entre cepas.

En aquellas zonas donde existen varias cepas de acebo muy próximas entre si, se debe tratar de evitar su fusión. De esta manera se potencia el aprovechamiento ganadero y el de ramilla ornamental, a la vez que se vela por el buen estado de conservación de la masa al evitar que las masas adehesadas se cierran y pasen a zonas de transición, de más difícil gestión, y finalmente, a zonas densas.

Este tratamiento se aplicará a las zonas adehesadas en las que exista una excesiva densidad de cepas, mediante el mismo se eliminarán las cepas necesarias para mantener un espaciamiento adecuado entre las restantes. Como ya se ha dicho anteriormente, densidades entorno a los 200 pies/ha se consideran suficientes en estas masas.

En la realización de este tratamiento se favorecerá a las cepas hembras frente a los machos, pero evitando eliminar sistemáticamente todos los machos de una zona. Es necesaria la existencia de algún macho en un radio no superior a 150 m de cada hembra para una buena producción de fruto.

Tratamiento de rejuvenecimiento y mantenimiento de las cepas macho.

Actualmente, este tratamiento se considera necesario para el mantenimiento de un adecuado estado fitosanitario y de vigor de las cepas macho de acebo de la zona adehesada de las acebedas. Podría también considerarse beneficioso para el aprovechamiento de ramilla ornamental si sus residuos se utilizasen para este fin.

Consistiría simplemente en la realización del mismo aprovechamiento de ramilla ornamental que se recomienda para las cepas hembras. Es decir, la corta de hasta un 40 % de su superficie foliar mediante el recorte de ramillas con un diámetro medio de 3 cm en toda la superficie de la copa, con una rotación del tratamiento de 6 o 7 años. Acompañada siempre de la limpieza de la cepa, mediante la eliminación del matorral que la integre o la rodee.

En la realización de este tratamiento se prestará especial atención a aquellas cepas que presenten zonas con una excesiva o escasa densidad foliar, tratándose de compensar estos desequilibrios dentro de la cepa, como ya se ha explicado.

Limpieza de cepas.

El objetivo primordial de este tratamiento es la mejora del aprovechamiento de ramilla ornamental, aunque su realización también implica una mejora del estado de la masa.

En aquellas cepas de las que se obtiene ramilla ornamental, actualmente solo hembras pero se espera que en el futuro se utilicen también machos, se pueden realizar intervenciones para la mejora tanto de la calidad como de la cantidad de ramilla producida por cada cepa.

Se trataría de la realización de podas de mantenimiento y formación en las cepas de acebo y de la limpieza de las mismas mediante la eliminación de otras especies de matorrales que aparecen dentro y alrededor de estas cepas productivas.



Estos tratamientos no solo se plantearían como cortas preparatorias como indican las ordenaciones, sino que podrían realizarse siempre que se consideren necesarios. Su realización podría ser en cualquier época del año, aunque resultaría interesante hacerlas coincidir con el aprovechamiento de ramilla ornamental, ya que gran parte de los productos que se extraigan de las mismas se podrían utilizar para su venta.

14.4.3. Zona de transición.

Apertura de la masa y mantenimiento o reducción de las densidades existentes.

Este tratamiento está fundamentalmente destinado a la mejora del estado de la masa, aunque como la mayoría de estos tratamientos beneficia a los principales aprovechamientos de las acebedas, el de ramilla ornamental y el ganadero.

Estas zonas se encuentran en un estado intermedio entre la zona adehesada y la densa, y son las de más difícil intervención. En ellas es prácticamente inviable recuperar las praderas que han sido invadidas por el acebo. Si se realiza una corta, el rebrote de los tocones y del sistema radical del acebo extendido por toda la superficie de estas zonas no permite la instalación de nuevo de las especies herbáceas anteriormente existentes.

Se puede tratar de recuperar las praderas que han quedado inaccesibles para el ganado, y que en la mayoría de los casos se encuentran invadidas por el matorral. Bastaría para ello con la apertura de veredas para el ganado a través de los claros existentes en estas zonas, o bien, a través de las zonas más claras de los rodales de cepas de acebo fusionados, junto con la realización de rozas en el matorral existente en estas praderas y en los bordes de las cepas de acebo.

En aquellas zonas donde sea posible se debe de tratar de evitar que lleguen a la espesura completa. Resulta especialmente interesante fomentar la utilización de estas zonas para el aprovechamiento de ramilla ornamental si es posible, ya que con el recorte de ramillas puede retardarse la expansión de estas cepas de acebo y evitar que estas masas acaben convirtiéndose en zonas densas. La libre circulación del ganado por las mismas también supondría una eficaz ayuda para este fin.

Dentro de los rodales de acebo existentes en estas masas, formados por la fusión de varias cepas, parece más coherente realizar claras para mantener unas densidades adecuadas para el desarrollo de sus pies en unas condiciones fitosanitarias y de vigor adecuadas, que tratar de eliminar cepas enteras. Por tanto, se propone en ellos la realización de resalvos con una intensidad máxima del 50% del área basimétrica, hasta llegar a densidades por debajo de los 19.000 pies/ha. El fundamento teórico de este tratamiento se explica en los tratamientos propuestos para las zonas densas.

Limpieza de cepas.

Este tratamiento ya propuesto para las zonas adehesadas también se puede aplicar en una segunda fase de intervención en las zonas de transición.



14.4.4. Zona densa.

Liberación de la competencia intraespecífica.

Son estas zonas de espesura trabada las que presentan la necesidad más urgente de intervención para su conservación. Desde los años 70, cuando se abandonó el aprovechamiento de leñas de estas masas, no se ha realizado ninguna intervención selvícola en estas zonas de las acebedas en las que durante siglos se han cortado pies de acebo para la obtención de leñas.

En estas zonas de fuerte competencia entre los pies de acebo, tanto por el agua como por los nutrientes, aparecen extensos síntomas de puntisecado y muerte de numerosos pies en aquellos años más secos de lo habitual.

Los estudios de crecimiento diametral y en altura del acebo realizados en estas zonas, muestran que las densidades existentes en la mayor parte de esta zona de las acebedas limitan el crecimiento, tanto en altura como en diámetro, de los acebos por la competencia intraespecífica que existe en estas masas. También en los estudios de biomasa aparecen diferencias significativas entre la cantidad de biomasa de los pies de acebo de esta zona densa y los de las cepas de la zona adehesada.

Dentro de estas zonas de espesura trabada, cabe destacar las zonas con espesuras superiores a los 36.000 pies/ha, definidas como “Estrato 1” a lo largo de este trabajo, las cuales deberían de considerarse como prioritarias a la hora de realizar estos tratamientos. Estas zonas presentan crecimientos, tanto en altura como en diámetro, y una cantidad de biomasa significativamente menor que el resto de las zonas densas de la acebeda.

Para garantizar su conservación se propone un tratamiento de resalveo para disminuir las densidades actuales de forma progresiva hasta llegar a densidades por debajo de 19.000 pies/ha, aunque lo idóneo sería lograr una densidad en torno a los 10.000 u 11.000 pies/ha. El procedimiento a seguir para la realización de los resalveos se describe a continuación.

El resalveo que se propone consiste en realizar claras periódicas con una rotación de 10 años, para disminuir la espesura, seleccionando los pies más sanos y con mejor conformación.

Las claras serán selectivas, se eliminarán primero los secos, puntisecos, enfermos, dominados, los de zonas excesivamente densas, y después se completará por lo bajo, eliminando los pies más pequeños hasta completar la masa a extraer.

La intensidad de la clara depende de la espesura de la masa en la que nos encontremos. Se propone para estas masas un resalveo de intensidad fuerte, entre 1/2 y 1/3 del número de pies, que se concretará en cada caso según las características del rodal al que se aplique (composición diamétrica, área basimétrica, ...). Si la masa es muy densa, en general, se podría eliminar hasta la mitad de los pies, en caso contrario se quitará solamente un tercio. El límite máximo admisible para estas masas de monte bajo es la mitad del área basimétrica (SERRADA, 1996).

Estas claras se realizarán durante el periodo vegetativo del árbol, se considera la mejor época a finales del verano ya que así se proporciona alimento verde al ganado, se consigue reducir la fuerza del rebrote y que este no se lignifique excesivamente antes del invierno.

Es importante a la hora de planificar estos tratamientos que se facilite el acceso del ganado a la zona resalveada para que controle el rebrote. En caso contrario, estos resalveos podrían resultar incluso contraproducentes, ya que, dada la fuerza y la facilidad con la que rebrota el acebo el efecto logrado sería el contrario al deseado, un aumento de la densidad.



En los pies reservados se recomienda realizar una poda hasta la mitad de su altura. Se cuidará de que en ningún caso se apeen todos los pies de una misma mata. Y también, se eliminará el matorral invasor presente en la zona de forma selectiva.

15. BIBLIOGRAFÍA



15. BIBLIOGRAFÍA.

- ALLUE ANDRADE, J. L., 1990. Atlas fitoclimático de España. Taxonomías. Ministerio de Agricultura, Pesca y Ganadería. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias.
- ANUARIO ESTADÍSTICO DE CASTILLA Y LEÓN; 1996. Junta de Castilla y León.
- APPLETON, B.L.; SPIVEY, D.; SMITH, L.J. & FRENCH, S.C., 1997. Virginia cut holly production: vegetation control. Virginia cooperative extension, Vol: 430-471, Pg: 4.
- APPLETON, B.L.; SPIVEY, D.; SMITH, L.J. & FRENCH, S.C., 1996 ⁷. Virginia cut holly production: alternative ground cover. Virginia cooperative extension, Vol: 430-466, Pg: 2.
- APPLETON, B.L.; SPIVEY, D.; SMITH, L.J. & FRENCH, S.C., 1996 ⁶. Virginia cut holly production: pruning, harvesting and marketing. Virginia cooperative extension, Vol: 430-470, Pg: 2.
- APPLETON, B.L.; SPIVEY, D.; SMITH, L.J. & FRENCH, S.C., 1996 ⁵. Virginia cut holly production: pest management. Virginia cooperative extension, Vol: 430-469, Pg: 2.
- APPLETON, B.L.; SPIVEY, D.; SMITH, L.J. & FRENCH, S.C., 1996 ⁴. Virginia cut holly production: holly pollination and honey bees. Virginia cooperative extension, Vol: 430-468, Pg: 2.
- APPLETON, B.L.; SPIVEY, D.; SMITH, L.J. & FRENCH, S.C., 1996 ³. Virginia cut holly production: orchard layout and planting. Virginia cooperative extension, Vol: 430-467, Pg: 2.
- APPLETON, B.L.; SPIVEY, D.; SMITH, L.J. & FRENCH, S.C., 1996 ². Virginia cut holly production: orchard layout and planting. Virginia cooperative extension, Vol: 430-467, Pg: 2.
- APPLETON, B.L.; SPIVEY, D.; SMITH, L.J. & FRENCH, S.C., 1996 ¹. Virginia cut holly production: planing and site selection. Virginia cooperative extension, Vol: 430-465, Pg: 2.
- APPLETON, B.L.; DERR, J.F. & ROSS, B.B. 1990. The effect of various landscape weed control measures on soil moisture and temperature, and tree root growth. Holly Society of America, Vol: 4, N°: 2, Pgs: 5-6.
- ART, H.W. & MARKS, P.L. 1971 A summary table of biomass and net annual primary production in forest ecosystems of the world. En: H.E. Young (Ed). Forest Biomass Studies. University of Maine. Orono.
- ASSMANN, E. 1970. The principles of forest yield study. Pergamon Press Ltd. Oxford.
- ASSMANN, E. 1961. Waldertragskunde. München.
- EVERY, T.E. & BURKHART, H.E. 1994. Forest measurements. McGraw-Hill, Inc. New York.
- AYHAN, H.O. 1973-74. Crown diameter: DBH relations in Scots pine. Arbor. Vol 5 n°4: 15-25.



- BARAHONA, C. 1988. Principios estadísticos en experimentos de producción animal: hacia una mejor comprensión y aplicación de los métodos modernos. Curso avanzado. Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos. IMAZ. Zaragoza.
- BARRERA, J.M., 1995. Estudio de los acebares (*Ilex aquifolium* L.) de la provincia de Soria. Gestión y conservación. E.U.P.A. Palencia. Univ. de Valladolid. Proyecto Fin de Carrera
- BASKERVILLE, G.L. 1972. Use of logarithmic regression in the estimation of plant biomass. Canadian Journal of Forestry Vol2 nº 49: 49-53.
- BELANGER, R.P. 1973. Volume and weight tables for plantation-grown Sycamore. USDA Forest Service Research Paper SE-107.
- BENGOA MARTINEZ DE MANDOJANA, J.L. 1999. Análisis de un modelo de crecimiento en altura de las masas forestales. Aplicación a las masas de *Quercus pyrenaica* de la Rioja. Tesis Doctoral. ETSI de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. (Inédito).
- BERTALANFFY, L. VON. 1957. Quantitative laws in metabolism and growth. The Quarterly Review of Biology, 32: 217-231.
- BERTALANFFY, L. VON. 1949. Problems of organic growth. Nature, 163: 156-158.
- BIGING G.S. Y WENSEL, L.C. 1984. The effect of eccentricity on the estimation of basal area and basal area increment of coniferous trees. Forest Science, 34 (3): 621-633.
- BURKHART, H.E. & TENNENT, R.B. 1977. Site index equations for radiata pine in New Zealand. New Zealand Journal Forestry Science Vol 7: 408-416.
- BILDERBACK, T.E. 1985. Fisical properties of pine bark and hardwood bark media and their effects with 4 fertilizers on growth of *Ilex* X “Nellie R. Stevens” holly. Journal of Enviromental Horticulture Vol 3 Nº 4: 181-185.
- BLACK, J.R. 1973. Evaluation of hardwood bark as a growing medium for container-grown *Ilex crenata* “Hetzi”. Disertation Abstract International, B Vol 33 Nº 11.
- BLAIN, A. & DIXON, G. 1984. Hardy nursery stock-applying new technology. Digest, North of Scotland College of Agriculture, UK Nº 5.
- BLANCO *et al.* 1997. Los bosques ibéricos. Planeta. Madrid
- BLANKEN, A. 1994. *Ilex aquifolium* – Limsi cultivar. United States patten. Plant.
- BLAZICH, F.A.; WRIGHT, R.D. & SCHAFFER, H.E. 1983. Mineral nutrient status of “Convexa” holly cuttings during intermittent mist propagation as influenced by exogenous auxin application. Journal of the American Society for Horticultural Science Vol 108 Nº 3: 425-429.
- BLAZICH, F.A. 1978. Effects of three ambient temperatures on rooting of *Ilex crenata* Thunb. Cv. Convexa. Hortscience Vol 13 Nº 5: 590-591.
- BRAVO, F. 1998. Modelo de producción para *Pinus sylvestris* L. en el alto valle del Ebro. Tesis Doctoral. ETSI Agrarias. Universidad de Valladolid. Palencia. (Inédito).
- CALLAUCH, R. VON, 1988. Untersuchungen zur Keimung und Samenruhe der europäischen Stechpalme (*Ilex aquifolium* L.) und einiger verwandter Arten. Mitt. Dtsch. Dendrol. Vol.78: 49-55



- CAMPBELL, J.S.; LIEFFERS, V.J. & PIELOU, E.C. 1985. Regression equations for estimating single tree biomass of trembling aspens: assessing their applicability to more than one population. *Forest Ecology and Management*. Vol 11 nº 4: 283-295.
- CAÑADAS DIAZ, M.N. 2000. *Pinus pinea* L. en el Sistema Central (Valles del Tietar y del Alberche): desarrollo de un modelo de crecimiento y producción de piña. Tesis Doctoral. ETSI de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. (Inédito).
- CAÑELLAS, I. 1993. Ecología, características y usos de coscojares (*Quercus coccifera* L.) en España. E.T.S. Ingenieros de Montes. Univ. Politécnica de Madrid. Tesis Doctoral.
- CARMEAN, W.H. 1972. Site index curves for upland oaks in the Central States. *Forest Science* Vol 18: 109-120.
- CASASECA, B.; GIRALDEZ, X.; GUILLEN, A. & RICO, E. 1990. Manifestaciones eurosibrianas en la Sierra Segundera (Zamora). *Botánica Pireanico-Cantábrica. Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología* nº 5: 111-120.
- CASTROVIEJO, S. 1977. Estudio sobre la vegetación de la Sierra de Invernadeiro. ICONA. Madrid.
- CATALAN BACHILLER, G., 1991. Semillas de árboles y arbustos forestales. MAPA ICONA. Madrid.
- CEBALLOS, L. & RUIZ DE LA TORRE, J., 1979. Árboles y arbustos de la España peninsular. E.T.S.I. Montes. Madrid.
- CHAPMAN, D.G. 1961. Statistical problems in dynamics of exploited fisheries populations. En: NEYMA, N. J. (Ed) *Proceedings of the Fourth Berkeley Symposium of Mathematical Statistics and Probability*. Berkeley. University of California Press Vol. 4: 153-168.
- CLABAULT, G. & LEMÉE, G., 1980. Recherches sur les écosystèmes des réserves biologiques de la forêt de Fontainebleau. VII Structure et fonctions des peuplements des hautes (*Ilex aquifolium* L.). *Revue Ecologique*. (Tercera vie) Vol. 34: 317-334.
- COLINVAUX, P. 1986. *Ecology*. United States of America.
- CONNORS, C. H. 1955. Growing holly. New Brunswick, N.J. Agricultural Experiment Station. New Jersey.
- CONNORS, C. 1945. Growing holly. N. J. Agricultural Experiment 493.
- CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA, 1996. Anuario Estadístico de Castilla y León. Ed: Junta de Castilla y León
- CONTRERAS OLALLA, R. M., 1998. Influencia del ganado sobre el acebo y su regeneración en el monte Garagüeta. E.I.T. Agrícola. Soria. Trabajo Fin de Carrera.
- COOK, 1993. *Hollies. A Gardener's Guide*. Brooklyn Botanic Garden Record.
- COVILLE, P. 1932. Growing Christmas holly on the far. Washington, D.C. USDA.
- CROSBIE & COCHRANE, 1980. Where have all the holly trees gone?. *Agriculture in Northern Ireland*. Pgs: 330-333.
- CUNIA, T. & BRIGGS, R.D. 1985¹. Harmonizing biomass tables by generalized least squares. *Canadian Journal Forestry Research* 15: 331-340.



- CUNIA, T. & BRIGGS, R.D. 1985². Forcing additivity of biomass tables: use of the generalized least squares. *Canadian Journal Forestry Research* 15: 23-28.
- CUNIA, T. & BRIGGS, R.D. 1984. Forcing additivity of biomass tables: some empirical results. *Canadian Journal Forestry Research* 14: 441-446.
- CUNIA, T. 1979. On sampling trees for biomass tables construction: some statistical comments. *Forest Resource Inventory Workshop Proceedings Vol 2*. Colorado.
- DANIEL, P.W., HELMS, U.E. Y BAKER, F.S. 1978. *Principios de silvicultura*. MC Graw-Hill. N. York. 2ª Edición. 492 pp.
- DAVIS, L.S. & JOHNSON, K.N. 1987 *Forest management*. McGraw-Hill. New York.
- DEGLER, H W., 1957. Handbook of hollies. *National Horticulture Magazine*, special issue. Volumen: 36
- DEL RÍO GAZTELURRUTIA, M. 1998. Régimen de claras y modelo de producción para *Pinus sylvestris* L. en los Sistemas Central e Ibérico. Tesis Doctoral. E.T.S. de Ingenieros de Montes. Univ. Politécnica de Madrid. Madrid.
- DELBOON, J. VAN DER & NIER, H. 1985. Use of bark and of sod and cuttings from moorland vegetation in putting moistures. *Acta Horticulturae* N° 172: 55-65.
- DELEUZE, C.; BLAUDEZ, D. & HERVE, J.C. 1996. Ajustement d'un modèle hauteur-circonférence pour l'épicéa commun. Effect de la densité. *Annals of Science Forestry* Vol 53: 93-111.
- DEMPSTER, C.D. 1973. The propagation of holly (*Ilex aquifolium*) under double glass. *Comb. Proc. Int. Plant Propag. Soc.* N° 23: 191-193.
- DIRECCIÓN GENERAL DE MONTES, 1971. *Instrucciones Generales para la Ordenación de Montes Arbolados*.
- DIRR, M. A. & C. W. HEUSER Jr., 1987. *The Reference Manual of Woody Plant Propagation: From Seed to Tissue Culture*. Portland, Oregon: Timber Press.
- DYER, M.E. & BAILEY, R.L. 1987. A test of six methods for estimating true heights from stem analysis data. *Forest Science* Vol 33: 3-13.
- EK, A.R. & MONSERUD, R.A. 1975. *Methodology for modeling forest stands dynamics*. Staff Paper Series 2. Department of Forest Resources. College of Forestry and Agricultural Experiment Station. University of Minnesota.
- ELMORE, H. L., 1993. Tips on Propagating Hollies. En: COOK, A. D., 1993. *Hollies a Gardener's Guide*. Brooklyn Botanic Garden Record.
- ENRIGHT, L.J. 1970. Pruning hollies. *American Horticultural Society* Vol 49 N°4: 210-212.
- ERVITI, J.J. 1991. Desarrollo de modelos de crecimiento y producción de las masas forestales de *Pinus halepensis* Mill. en España. Tesis Doctoral. E.T.S. I. de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. (Inedito).
- FABBIO, G.; FRATTEGANI, M. Y MANETTI, M.C. 1988. Il metodo di analisi del fusto. Stima della superficie di sezione legnosa trasversali. L'analisi auxometrica in silvicultura: il metodo di analisi del fusto. *Annali dell'Istituto Sperimentale per la Silvicultura*. Arezzo. Vol. XIX: 71-116.



- FARE, D.C.; GILLIAM, C.H. & COBB, G.S. 1987. Pruning effects on ornamentals. Research Report Series, Alabama Agricultural Experiment Station, Auburn University Vol 5: 11-12.
- FARE, D.C.; GILLIAM, C.H. & PONDE, H.G., 1985. Root distribution of two field-grown *Ilex*. Hortscience, Vol: 20, N°: 6, Pgs: 1130-1131.
- FERREIRA, A.G. & HU, C.Y. 1989. Light-mediated inhibition of in vitro late embryogeni of *Ilex*. Journal of the American Society for Horticultural Science Vol 114 N° 5: 819-823.
- FISCHER, P. & ROTH, M. 1986. Roof vegetation in expanded clay granule substrate. Deutscher Gartenbau Vol 40 N° 48: 2236-2238.
- FJELD, T.; MELBERG, N.A. & HOGETVEIT, W.R. 1995. Ethylene sensitivity and ethylene production in English holly (*Ilex aquifolium* L.). Acta Horticulturae N° 405: 306-313.
- FONT QUER, P. 1987. El Dioscórides renovado. Ed. Labor.
- FRATTEGANI, M. & WOLYNSKI, A. 1988. Analisi critica della bibliogrfa sul metodo di "analisi del fusto". L'analisi auxometrica in selvicoltura: il metodo di analisi del fusto. Annali dell'Istituto Esperimentale per la Selvicoltura. Arezzo Vol XIX: 47-70.
- FRENCH, Z.J. & LIN, W.C. 1984. Seasonal variations in the effects of CO₂ mist and supplementary lighting fon high pressure sodium lamps on rooting of English holly cuttings. Hortscience Vol 19 N° 4: 519-521.
- FULMER, J.P. & JONES, E.V. 1975. The effects of pruning at the time of canning on *Ligustrum lucidum* and *Ilex crenata* " Hetzi". Proc. SNA. Res. Conf. Annu. Rep. South Nurserymen's Association. 20th .
- GALLE, F. C. 1997. Hollies: the genus *Ilex*. Timber Press. Portland, Oregon.
- GANDULLO, J. M., 1994. Climatología y Ciencias del Suelo. Fundación Conde del Valle de Salazar. E.T.S.I. Montes. Madrid.
- GANDULLO, J. M., 1985. Ecología Vegetal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid.
- GARCIA, O. 1993. A stochastic differential ecuation model for the height growth of forest stands. Biometrics, 39: 1059-1072.
- GARCÍA GONZÁLEZ, D., CONTRERAS OLALLA, R.M., 1998. Influencia del ganado sobre el acebo y su regeneración en el monte Garagüeta. :Actas de la XXXVIII Reunión científica de la Sociedad Española para el Estudio de los Pastos. Soria.
- GARCÍA GONZÁLEZ, D., 1994. Estudio de la propagación vegetativa del acebo (*Ilex aquifolium* L.) para la obtención de ramillas ornamentales. Proyecto fin de carrera. E.T.S.I. Montes. Madrid.
- GARCIA GÜEMES, C. 1999. Modelo de simulación selvícola para *Pinus pinea* L. en la provincia de Valladolid. Tesis Doctoral. ETSI de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. (Inédito).
- GEHNRICH, H. 1988. Growing hollies on Long Island. Holly Society Journal Vol 6 N°1: 2-4.
- GILL, R. M. A., 1992. Análisis del daño causado por mamíferos en los bosques de clima templadodel norte: 3. Impacto en arboles y bosques. Forestry (Oxford) Vol 65 N° 4: 363-388.



- GILLIAM, C.H.; WEHTJE, G.; EASON, J.E.; HICKS, T. V. & FARE, D.C. 1989. Weed control with gallery and other herbicides in field grown nursery crops. *Journal of Environmental Horticulture* Vol 7 N° 2: 69-72.
- GILLIAM, C.H.; COBB, G.S. & FARE, C., 1986. Effects of pruning on root and shoot growth of *Ilex crenata* "compacta". *J. environ. hort.* Vol: 4, N°: 2, Pgs: 41-43.
- GILLIAM, C.H. & COBB, G.S. 1984. Pruning ornamentals effects on root and shoot growth. *Highlights of Agricultural Research, Alabama Agricultural Experiment Station* Vol 31 N°3.
- GILLIAM, C.H. & WRIGHT, R.D. 1979. Effective utilization of applied fertilizer in relation to multiple flushes of growth on "Helleri" holly. *Research Circular, Ohio Agricultural Research and Development Center* N°246: 25-27.
- GILLIAM, C.H. & WRIGHT, R.D. 1978¹. Effects of three nitrogen levels on tissue nitrogen fluctuation during a flush of growth on "Helleri" holly (*Ilex crenata* Thunb.). *Hortscience* Vol 13 N°3: 301-302.
- GILLIAM, C.H. & WRIGHT, R.D. 1978². Timing of fertilizer application in relation to growth flushes of "Helleri" holly (*Ilex crenata* Thunb.). *Hortscience* Vol 13 N° 3: 300-301.
- GILLIAM, C.H. & WRIGHT, R.D. 1978³. Monitoring fertilizer needs of container-grown holly. *American Nurseryman* Vol 148 N° 12: 71-75.
- GILLIAM, C.H. & WRIGHT, R.D. 1977¹. Effects of four N levels on soil, soil slution, and tissue nutrient levels in three container-grown *Ilex* cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science* Vol.102 N° 5: 662-664.
- GILLIAM, C.H. & WRIGHT, R.D. 1977². Effects of Nitrogen and growth regulators on growth of Japanese holly. *Journal of the American Society for Horticultural Science* Vol 102 N° 1: 46-48.
- GILLIAM, C.H. & WRIGHT, R.D. 1977³. Research reveals nitrogen promotes holly growth. *American Nurseryman* Vol 145 N° 1:127-128.
- GOELZ, J.C.G. & BURK, T.E. 1992. Development of a well-behaved site index equation: jack pine in north central Ontario. *Canadian Journal Forestry Resource* Vol 22: 776-784.
- GOI, M.; HASEGAWA, A.; NISHIHARA, Y. & IHARA, Y. 1978. Studies on the cuttings of difficult-to-root species of ornamental trees and shrubs. I. Successful rooting of softwood cuttings of *Ilex rotunda* Thunb. *Kagawa Daigaku Nogakuba Gakuzyutu Hokoku* Vol. 29 N° 2: 235-239.
- GONZALEZ DONCEL, I. 1988. Tablas Ponderales para la estimación de la biomasa de rebollo (*Quercus pyrenaica* Wild.) en la Provincia de León. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid.
- GONZALEZ VAZQUEZ, E. 1926. Regeneración de los montes de especies de luz. *Rev. Montes* 50: 297-357.
- GRACIA, A. 1988. Chlorophyll content and leaf energetics of plants communities in south eastern Queensland (Australia) in relation to water availability. En: Castri, F.; Florent, Ch.; Rambal, S. & Roy, J. (Eds). *Time scales and water stress. Proceedings 5th International Conference on Mediterranean Ecosystems.*



- GROOM, Q.J., 1991. Photoinhibition of holly (*Ilex aquifolium*) in the field during the winter. *Physiologia plantarum*, Vol: 83, Pgs: 585-590.
- GUITIAN, J. 1989. Consumo de frutos de acebo (*Ilex aquifolium* L.) y movilización de semillas por paseriformes en las montañas cantábricas occidentales. *Ardeola*, vol 36 nº1: 73-82.
- GUMPERTZ, M.L. & BROWNIE, C. 1993. Repeated measures in randomized block and split-plot experiments. *Canadian Journal Forestry Resource* Vol 23: 625-639.
- HALL, M.; GEORGE, R.; MCCREARY, D., 1993. Effects of cattle grazing on blue oak seedling damage and survival. *Journal of Range Manage*, 45.
- HANS SCHWEINGRUBER, F. 1987. Tree Rings. Kluwer Academic Publishers. Holland.
- HARRIS, J.R. & GILMAN, E.F. 1993. Production method affects growth and post-trasplant establishment of "East Palatka" holly. *Journal of the American Society for Horticultural Science* Vol 118 N° 2:194-200.
- HARTMANN, H.T. & KESTER, D.E., 1990. Plant propagation. Principles and practices. Prentice-Hall International, Inc.
- HARTMANN, J.; BACHI, P.; MCNIEL, R. & TIMMONS, M. 1984. Meserve holly decline in Kentucky and hits asociaton with the blackroot rot fungus, *Thielaviopsis basicola*. Proceedings of SNA Research Conference. Southern Nurserymen's Associaton Pp: 175-178.
- HASENAUER, H. & MONSERUD, R.A. 1996. A crown ratio model for Austrian forest. *Forestry Ecology and Management* Vol 84: 49-60.
- HEMMING, E., 1983. About american holly. Florist exchange. New York.
- HERNANDO CHICOTE, S., 1994. Tipificación y Revisión del aprovechamiento de los pastizales de los montes de la Junta de Castilla y León en el Término Municipal de San Pedro Manrique (Soria). E.T.S.I.M. Univ. Politécnica de Madrid. Trabajo Fin de Carrera.(Inédito).
- HERRIDGE, E.A. 1960. Anatomic and patologic leaf sput on English Holly, *Ilex aquifolium* (Tourn.) L. DAI, Vol 21-03: 416.
- HETJE, G. & GILLIAM, C.H. 1991. Weed control in field-grown holly. *J. Enviromental Hort.* Vol 9 N° 1: 29-32.
- HOOSER, D.D. VAN & PELT, N. VAN 1985. Growth ans yield and others mensurational tricks: a Regional Technical Conference. USDA Forest Service. Gen. Tech. Rep. INT-193.
- HU, C.Y.; OCHS, J.D. & MANCINI, F.M. 1978. Further observations on *Ilex* embryoid production. *Zeitschrift fur pflanzenphysiologie* Vol 89 N° 1: 41-49.
- HUME, H., 1953. Hollies. New York: Macmillan.
- IBAÑEZ ULARGUI, J.I. 1989. El haya (*Fagus sylvatica* l.) en La Rioja. Selvicultura y ordenación. Tesis Doctoral. . E.T.S. I. de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. (Inédito).
- IZQUIERDO ASENSI, E., 1991. Geometría descriptiva. Ed. Dossat, S.A. Madrid.
- KEEVER, G.J.; GILLIAM, C.H. & EAKES, D.J. 1994. Cutless controls shoot grownth of "China girl" holly. *Journal of Enviromental Horticulture* Vol 12 N° 3: 167-169.



- KEEVER, G.J. & FOSTER, W.J. 1990. Chemically induced branching of woody landscape plants. *Journal of environmental Horticulture* Vol 8 N° 2: 78-82.
- KELLEY, J.D., 1972. Nitrogen and potassium rate effects on growth, leaf nitrogen and winter hardiness of *Pyracantha coccinea* "Lalandy" and *Ilex crenata* "Rotundifolia". *Journal of the American Society for Horticultural Science* Vol 97 N° 4: 446-448. Kentucky University. Lexington
- KNIGHT, P.R.; EAKES, J. & GILLIAM, C.H., 1993. Propagation container size and duration to transplant on Growth of two *Ilex* species. *J. environ, hort*, Vol: 11, N°: 4, Pgs: 160-162.
- KRALIK, J. & PSOTA, U.E. 1985. Importance of auxin regulators in rooting some decorative woody species as related to endogenous gibberellins. *Acta Universitatis Agriculturae Brno. (Facultas Agronomica)* Vol 33 N° 3: 225-231.
- KRÜSSMANN, G., 1978. La pépinière, multiplication des arbres, arbustes, conifères et arbres fruitiers. La Maison Rustique. Paris.
- LAICHE A.J., NEWMAN S.E. 1989. Effects of container size and fertilizer rate on growth of *Rhododendron* 'Formosa' and *Ilex* 'Nellie R. Stevens' plants. *Combined Proceedings International Plant*. N° 39.
- LAICHE, A.J.Jr., 1988. Effects of rate and repeat application of flurprimidol on the growth of *Photinia X frasei* and *Ilex crenata* "Compacta". *Journal of environmental horticulture* Vol 6 N° 4: 114-118.
- LAICHE, A.J.Jr. 1978. Effects of refrigeration, CO₂ and photoperiod on the initial and subsequent growth of rooted cuttings of *Ilex cornuta* Lindl. And Paxt. cv. Burfordii. *Plant propagator* Vol 24 N° 3: 8-11.
- LAMBE, R.C., 1979. The major diseases of holly in the nursery. *Combined Proceedings International Plant Propagators' Society*. Volume 29: 536-543. The International Plant Propagators' Society.
- LANG, A.R.G. 1986. Leaf area and average leaf angle from transmission on direct sun light. *Austr. J. Bot.* 34: 349-355.
- LANTERI, S. 1984. Le fronde recise in floricoltura. *L. Informatore Agrario* 25: 65-72.
- LAPPI, J. & BAILEY, R.L. 1988. A height prediction model with random stand and free parameters: an alternative to traditional site index methods. *Forest Science* Vol 34 n° 4: 907-927.
- LEWIS, A.J. & HAUN, J.R. 1976. Development of *Ilex crenata* Thun. "Hetzi" as influenced by time and concentration of EHPP. *Horstscience* Vol 11 N° 3: 202-203.
- LEWIS, A.J. & HAUN, J.R. 1975. Chemical pinching of "Hetzi" holly with EHPP. *Hortscience* Vol 10 N° 2: 180-181.
- LI-COR, 1991. LAI-2000 Plant Canopy Analyzer. Instruction Manual. LI-COR, Inc. Lincoln, Nebraska, USA.
- LIN, W.C. & MOLNAR, J.M. 1982. Supplementary lighting and CO₂ enrichment for accelerated growth of selected woody ornamental seedlings and rooted cuttings. *Canadian Journal of Plant Science* Vol. 62 N° 3: 703-707.



- LITTLER, 1974. Holly culture in British Columbia. British columbia department of agriculture. Pgs: 1-12. . Sidney B. C.
- LOACH, D., 1977. Leaf water potential and the rooting of cutting under mist and polythene, Phisiol. Plant. Vol. 40: 191-197.
- LOOMAN, B.H.M. & KUIK, A. VAN 1993. Chemical control of liverwort, moss and weeds in container-grown nurserystock. Research Station for Nursery Stock. CAB International. Boskoop, Netherland.
- MACDONALD, B., (1986). *Practical woody plant propagation for nursery growers*. Timber Press. Portland. Oregon.
- MAPA, 1995. Mapa forestal de España 1:200.000.Soria. Hoja 6-4. Madrid.
- MEAD, 2000. Optimización de los procesos de mejora de las especies leñosas frutales y forestales. II. Diseño de experimentos y análisis estadístico. Curso avanzado. Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos. IMAZ. Zaragoza.
- MERIDIEU, C. 1998. Croissance et branchaison du Pin laricio (*Pinus nigra* Arnold ssp *laricio* (poiret) Maire): élaboration et evaluation d'un système de modèles pour la prévision de caractéristiques des arbres du bois. Thèse. Université Claude Bernard-Lyon (Inedita).
- MERRILL, L.E.; SANDERSON, K.C.; WILLIAMS, J.C. & REED, R.B. 1986. Response of Ilex cultivars to media and pH on the incidence of black root rot caused by *Thielaviopsis basicola* (Berk. & Br.) Ferraris. Journal of the American Society for Horticultural Science Vol 111 N°1: 102-105.
- MEUSEL, H. 1943. Vergleichende Arealkunde. Berlin.
- MILLER, J.B. 1967. A formula for average foliage density. Ausr. J. Bot. 14: 141-144.
- MITCHELL, F., 1990. Efectos del pastoreo sobre tierras altas. In grazing research and nature conservation in the uplands: proceedings of a seminar,1988 [edited by Thompson, D.B.A.; Kirby K.J.]. Peterborough, UK; Nature Conservancy Council. Research & Survey in Nature Conservation n°. 31, 50-56.
- MOE, D. 1975. Kristtorn. Kan dyrkes utenfor sitt normale vokseomrade. Nor Hagetit Vol 91 N° 12: 376. MAP.
- MONTEITH, D.B. 1979. Whole tree weigth tables for New York. AFRI Research, n° 40. Syracuse, New York.
- MONTERO, G. 1992. Aspectos ecológicos y productivos de la selvicultura. Ecología 6: 111-121.
- MONTOYA OLIVER, J., 1994. Estudio y Ordenación de las Acebedas de Castilla y León. Junta de Castilla y León. (Inédito).
- MONTOYA OLIVER J.M., 1995. El acebo y el zorzal. Caza y pesca, N°: 625, Pgs: 24-25.
- MONTOYA OLIVER, J., 1995. Modelo general de ordenación de las acebedas en Castilla y León. Cuadernos de la S. E. C. F., N°1, pag. 387-388.
- MONTOYA OLIVER, J., 1993. Determinación del consumo de la carga pastante . Fijación de equivalencias. Valoración del pasto. Revista de Montes, n° 32. Pags. 42-46. Madrid, 1993.



- MONTOYA, J.M. 1992. Selvicultura, ordenación y economía de los rebollares de *Quercus pyrenaica* Willd. Boletín de la Estación Central de Ecología Vol 11 nº 22: 3-13.
- MONTOYA OLIVER J.M. 1987. Montes bajos de frondosas mediterráneas: el resalveo intensivo. Una técnica de restauración de bosques de frondosas autóctonas. Rev. Montes Nº 15: 46-50.
- MORGAN, 1987¹. Composition, structure and regeneration characteristics of the open woodlands of the New Forest. Hampshire. Journal of Biogeography, 14: 439-450.
- MORGAN, 1987². An evaluation of the impact of anthropogenic pressures on woodland regeneration in the New Forest. Hampshire. Journal of Biogeography, 14: 423-438.
- MORTE, M.A. & OLMOS, E. 1991. Micropropagation of holly (*Ilex aquifolium* L.). Acta Horticulturae 289: 139-140.
- MOSER, E.B. & SAXTON, A.M. 1990. Repeated measures analysis of variance: application to tree research. Canadian Journal Forestry Resource Vol 20: 524-535.
- MUNRO, D.D. 1974. Forest growth models – a prognosis. En: Fries, J. (Ed) Growth models for tree and stand simulation. Royal College Forestry Resource. Stockholm: 7-21.
- NEIRA, M. & MARTINEZ, F. 1973. Terminología forestal española. Monografías del INIA nº 1. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Ministerio de Agricultura. Madrid.
- NELSON, 2000. Optimización de los procesos de mejora de las especies leñosas frutales y forestales. II. Diseño de experimentos y análisis estadístico. Curso avanzado. Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos. IMAZ. Zaragoza.
- NEWBERRY, J.D. 1988. A note on Carmean's estimate of height form stem analysis data. Forest Science Vol 37 Nº 1: 368-369.
- NIEMIARA, A.X. & WRIGHT, R.D. 1982. The influence of nitrification on the medium solution and growth of holly, azalea and juniper in a pinner bark medium. Journal of the American Society for Horticultural Science Vol 111 Nº 5: 708-712.
- NORMAN, J.M. & WEELES, J.M. 1983. Radiative transfer in an array of canopies. Agron. J. 75: 481-488.
- OBESO, J.R. 1998. Effects of defoliation and girdling on fruit production in *Ilex aquifolium*. Functional Ecology 12: 486-491.
- OBESO, J.R., 1997. Costs of reproduction in *Ilex aquifolium*: effects at tree, branch and leaf levels. Journal of Ecology, Vol: 85: 159-166.
- OBESO, J.R. 1997. The induction of spinescence in European holly leaves by browsing ungulates. Plant Ecology 129: 149-156.
- OLIET, J.A. & ARTERO, F., 1993. Estudio del desarrollo y la supervivencia en zonas áridas del repoblado protegido mediante tubos protectores. Congreso forestal español. Lourizán. Tomo II: 415-420.
- ORIA DE RUEDA, J. A., 1992. Las acebedas de Castilla y León y La Rioja: Origen, composición y dinámica. ICONA, Madrid. Ecología nº 6, pp. 79-91.
- ORIA DE RUEDA, J.A., 1990 Manejo y conservación de acebos y acebedas. Rev. *Quercus* nº 58, 4 - 12. Madrid (España).



- ORTEGA, A. 1989. Modelos de evolución de las masas de *Pinus sylvestris* L. Tesis Doctoral. E.T.S. I. de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. (Inedito).
- ORTON, E.R.Jr. 1988. Growing better hollies. Holly Society Journal Vol 6 N° 1: 15-21.
- PAIR, J.C. & STILL, S.M. 1982. Growth hardiness, and leaf-water potential of blue holly (*Ilex X meserveae*) cultivars as affected by exposure. Hortscience Vol 17 N° 5: 823-825.
- PAIR, J.C. & STILL, S.M. 1979. Anti-transpirants on holly. A progress report. Proceedings of the 56th Meeting of the Holly Society of America Pp: 12-15. Kansas State University, Kansas, USA.
- PANDO FERNÁNDEZ, V. & SAN MARTÍN FERNÁNDEZ, R. 1998. Curso de iniciación al SAS. E.T.S. Ingenierías Agrarias de Palencia. Univ de Valladolid. Palencia
- PARDE, J. Y BOUCHON, J. 1988. Dendrométrie. 2^a Edición. École Nationale du Génie Rural, des eaux et des forêts.
- PARDE, J. 1980. Forest Biomass. Forestry Abstracts. 41(8).343-362.
- PATEL, S.I. & TINGA, J.H. 1973. Growth of subirrigated Japanese holly as affected by soil type and depth. Hortscience Vol 8 N° 1:27-28.
- PEÑA, D. 1994. Estadística. Modelos y métodos. Volumen 2: Modelos lineales y series temporales. Alianza Ed. Madrid.
- PEÑUELA, J.L. & OCAÑA, L.,1993. Los contenedores en la producción de planta forestal. Planteamiento general y primeros resultados. Congreso forestal español Lourizán. Tomo II:271-276.
- PEÑUELA, J.L.; OCAÑA, L. & IGLESIAS, S. 1992. Reproducción vegetativa de especie arbóreas de interés forestal. Rev. Montes N° 28: 31-33.
- PERSON, O.A. 1992. A growth simulator for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in Sweden. Swedish university of agricultural Sciences, Dpto. of Forest Yield Research. Report n° 31
- PERTUIT, A.J. 1972. Effect of container type and expanded polyethylene mulch on soil temperature, root growth and survival of Dwarf Yapon Holly. Journal of the American Society for Horticultural Science Vol 97 N° 6: 689-681.
- PETERKEN, G.F. & HUBBARD, J.C.E., 1972 The shingle vegetation of southern England: the holly wood on Holmstone beach, Dungeness. Pgs: 547-572.
- PETERKEN, G.F. & NEWBOULD, P.J., 1969. Dry matter production by *Ilex aquifolium* L. in the new forest. Journal of Ecology n°54. Vol.1. Pgs:143-150.
- PETERKEN, G.F., 1968. Development of vegetation in Staverton Park, Suffolk. Field studies council, Vol: 2, N°: 5, Pgs:1-39.
- PETERKEN, G.F. & LLOYD, P.S., 1967. Biological flora of the British Isles. L.C. (ED. 11), N°: 365, Pgs: 841-859.
- PETERKEN, G F; 1966. Mortality of holly (*Ilex aquifolium*) seedlings in relation to natural regeneration in the New Forest. J. Ecol. 54: 143-150.
- PETERKEN, G F; 1965. Woodland regeneration in the New Forest, Hampshire, since 1650. J. Appl. Ecol. 2, 159-170.



- PETERKEN, G.F. & LLOYD, P.S. 1958. *Ilex aquifolium* L. Biological Flora of the British Isles. L.C. (ED. 11) 365: 841-859.
- PINHEIRO, G.S.; VALENTINO, R.A.L. & MOARES, J.L. 1984. Estudo da relação entre diámetro de copa e parâmetros dendrométricos em *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Boletim Técnico do Instituto Florestal Vol 38 Nº2: 143-153.
- POLLANSCHÜTZ, J., 1996. Evaluación del ramoneo y el daño del descortezado. Bewertung von Verbiss-und Fegeschäden: Hilfsmittel und Materialien. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Vienna, Austria Germany.
- POTT, R. 1990. Die nacheiszeitliche Ausbreitung und heutige pflanzensoziologische Stellung von *Ilex aquifolium* L. Tuexenia Nº10: 497-512.
- POTVIN, C.; LECHOWICK, M.J. & TARDIF, S. 1990. The statistical analysis of ecophysiological response curves obtained from experiments involving repeated measures. Ecology Vol 7 nº4: 1389-1400.
- PRIAPI V.M. 1991. Outdoor mist propagation. Combined Proceedings International Plant. Nº 41: 335-337.
- PRIETO RODRIGUEZ, A.Y HERNANDO PERTIERRA, 1995. Tarifas de cubicación e inventario por ordenador. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid.
- RANDOLPH, W.; WIEST, & STEVEN C., 1981. Relative importance of tractable factors affecting the establishment of transplanted holly. J. amer. soc. hort. sci. Vol: 106, Nº: 2, Pgs: 207-210.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 1984. Diccionario de la lengua española. Vigésima edición. Real Academia Española. Madrid.
- REGAN, R.P. & TICKNOR, R.L. 1990. Influence of winter protection covers on survival and hardiness of container grown *Ilex crenata* Thunb. "Green Island" and *Euonymus fortunei* (Turcz.) "Emerald'n Gold". J. Environ. Hort. Vol 8 Nº 3: 142-146.
- RÉGENT INSTRUMENTS INC. USER'S GUIDE.1998. Stem analysis software module for Microsoft Excel 5.0
- REGENT INSTRUMENTS INC. 1997 a. WinDendro v 6.2. Reference. Régent Instrument Inc. Quebec.
- REGENT INSTRUMENTS INC. 1997 b. WinDendro v 6.2. Introduction Manual. Régent Instrument Inc. Quebec.
- RICHARDS, A.J., 1988. Male predominant sex ratios in Holly (*Ilex aquifolium* L.; Aquifoliaceae) and Roseroot (*Rhodiola rosea* L., Crassulaceae). Watsonia, Vol: 17, Pgs: 53-57.
- RICHARDS, F.J. 1959. A flexible growth function for empirical use. Journal Experimental Biology Vol 10 Nº 29: 290-300.
- RIGGS, R.A. & URNESS, P.J.,1989. Effects of goat browsing on gambel oak communities in northern Utah. Journal of Range Management Vol.42 nº5: 354-360.
- RIVAS- MARTÍNEZ, S.,1987. Memoria del Mapa de series de vegetación de España. I. C. O. N. A. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación



- ROBERTS, A.N. & TICKNOR, R.L., 1970. Commercial Production of English holly in the Pacific Northwest. American horticultural magazine, Vol: 49, Nº: 4, Pgs: 301-313.
- ROBERTS, A.R. & BOLLER, C.A. 1948. Holly production in Oregon. Corvallis, Oregon. Agricultural Experiment Station Vol 455: 1-31.
- ROJO, A. & MONTERO, G. 1996. El pino silvestre en la Sierra de Guadarrama. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- ROJO, A. 1994. Crecimiento y producción del *Pinus sylvestris* L. en la Sierra de Guadarrama Tesis Doctoral. ETSI de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. (Inédito).
- ROMERA SANCHO, N. 1998. Evolución de las cepas de acebo (*Ilex aquifolium* L.) con aprovechamiento ornamental del acebal de Garagüeta. E.U.I.T. Agrícola de Soria. Univ de Valladolid. Soria.
- RUIZ DE LA TORRE, J., 1984. Las dehesas del vértice norte de Madrid. Rev. Montes nº1: 8-14.
- RUIZ-MAYA, L. 1986. Métodos estadísticos de investigación. 2ª Edición. Instituto Nacional de Estadística. Madrid.
- RUMINE, P. & BELLANDI, M., 1985. Esperienze plurinnali di coltivazione de piante da fronda verde da recidere in ambienti diversi. Annali ist. sperimentale floricult. Sanremo, Vol: XVI, Nº: 1.
- RUMINE, P. & BELLANDI, M., 1984. Prove di adattabilità ad ambienti diversi di specie da fronda recisa. Annali ist. sperimentale floricultura sanremo, Vol: XV, Nº: 1, Pgs: 1-24.
- RUTTER, J.M. 1993. High temperature-induced electrolyte leakage from excised leaves and roots of tree hollies. Hortscience Vol 28 Nº 9: 927-928.
- RYPMA, R.B. 1985. Holly and the nurseryman. Rev. Holly Soc. J. Vol 3 Nº 2: 11-12.
- SABIN, T.E. & STAFFORD, S.G. 1990. Assesing the need for transformation of response variables. Forest Research Laboratory. Oregon State University. Special Publication Vol 20.
- SAIZ DE OMEÑACA J.; GOMEZ SANZ V. & ZAZO, J. 1995. Reproducción vegetativa de acebo (*Ilex aquifolium* L.) de procedencia ibérica. Actas de la XI Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural 93: 225-229.
- SAN MIGUEL AYANZ, A., 1997. Pastizales Naturales Españoles. Fundación Conde del Valle de Salazar. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Universidad Politécnica de Madrid.
- SAN MIGUEL, A. 1985. Ecología, tipología, valoración y alternativas silvopascícolas en un quejigal (*Quercus faginea* Lamk.). Tesis Doctoral. ETSI de Montes. Universidad Politécnica de Madrid. (Inédito).
- SANZ CRESPO, A., 1994. Proyecto de mejoras selvícolas en el Monte Garagüeta Nº 110 del C. U. P. de la provincia de Soria. E. U. Politécnica Agraria de Palencia. Univ. de Valladolid. Proyecto Fin de Carrera
- SAS INSTITUTE INC. 1990. SAS/STAT User's Guide, Version 6, Fourth Edition. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA.



- SASTRE SERRANO, P., 1993. Contribución al estudio de los Acebales de la Montaña Cantábrica. Gestión y conservación. E.U.P. Agraria de Palencia. Universidad de Valladolid. Proyecto fin de carrera.
- SAVILL, P.S. 1991. The silviculture of trees used in British forestry. CAB International. Melksham. UK.
- SCHÜTZ, J-P. 1989. Sylviculture. Principes d'éducation des forest. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. Zurich.
- SEGALL, B. 1993. The Holly orchard. Journal Garden Vol 118 N° 12: 540-543.
- SERRADA HIERRO, R. 1996. Conversión de Montes Bajos. Seminario sobre selvicultura aplicada. E.U.I.T.Forestal. Univ. Politécnica de Madrid. Madrid.
- SHIFLETT, M.C.; BLACKSBURG, VA.; NIEMIERA, A.X. & LEDA, C.E. 1994. Mid-Season Reapplication of controlled release fertilizers affect "Elleri" holly growth and N content of sustrate solution and effluent. Journal of Enviromental Horticulture Vol 12 N° 4: 181-186.
- SIEDLER, R.C., 1990. Growing hollies a cold climate. Holly Society, Vol: 8, N°: 2, Pgs: 5-8.
- SIFTAR, A. 1995. Growing seedlings of minor tree species for artificial regeneration of forests. Oddelek za Gozdarstvo in Gozdne Vire, Biotehniske Fakultete, Univerze v Ljubljana, Slovenia.
- SIMPSON, R.C. 1988. Growing and marketing deciduous holly. Holly Society Journal Vol 6 N° 1: 5-7.
- SINISCALCO, C. & MONTACCHINI, F., 1989. *Taxus baccata* L. and *Ilex aquifolium* L. in Piedmon: distribution and ecological data. Vol. 29: 37-45.
- SIOSTRZONEK, E. 1958. Radialzuwachs und Flägenzuwachs. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 77: 237-254.
- SMALTSCHINSKI, T. 1986. Fehler bei Stammscheiben und Bohrspananalysen. Forstwissenschaftliches Centralblatt, 105: 163-171.
- SNYDER, W.E. 1972. Growth and flowering responses of *Ilex crenata* "Convexa" to photoperiodism. Rutgers, The State University, New Brunswick, New Jersey, USA.
- SOUTAR, R.G. 1992. Native trees and shrubs for new woodlands in Scotland. Clydecode 80Gsm: 186-194.
- STAFLEU, F.A., 1972. International Code of Botanical Nomenclature. Vol. 82.
- STEEL, R & TORRIE, J. 1986. McGraw-Hill. Mexico.
- STUTZ, J. & FREY, D., 1980. Altered light levels on Growth, Fruiting, and Leaf Characteristics of Natural Stands of *Ilex opaca*. Hort. Science. Vol 15: 94-96.
- SWARTZ, H.J.; MATISSE, P.; DEYTZER, G. & EISSENBEISS, G.K. 1994. Progress on holly improvement using tissue culture. Holly Society Journal Vol 12 N° 3: 13-15.
- THOMSON, B.F. 1975. *Ilex aquifolium* in Great Britain. Holly Lett 53: 3-4.
- TICKNOR, R.L. 1992, English holly- *Ilex aquifolium* , a jewel or a menace in the Pacific Northwest. Holly Society Journal Vol 10 N° 4: 14-15.



- TICKNOR, R.L. & ROBERTS, A.N., 1986. Holly orchard foliar nutrient levels. Holly Society of America, Vol: 4, N°: 2, Pgs: 5-6.
- TICKNOR, R.L.; ROBERTS, A.N. & COMPTON, O.C. 1969. Nutrition of English holly (*Ilex aquifolium*) in Oregon. American Horticultural Society Vol 8 N° 3: 67-69.
- TILT, K.M. & BILDERBACK, T.E., 1980. Physical properties of propagation media and their effects on rooting of three woody ornamentals. HortScience. Vol. 22: 245-247.
- TOMLINSON, J.D. & BILDERBACK, T.E. 1984. The effect of bulk density and a moisture extender on the growth of *Ilex* X "Nellie R Stevens" holly. Proceedings of SNA Research Conference-Annual Report- Southern Nurserymen's Association 29th.
- TORRE ANTÓN. M. 1994. Degradación inducida por algunas prácticas agrarias tradicionales. El caso de los rebollares (*Quercus pyrenaica* Wild.) de la provincia de León. E.T.S. de Ingenieros de Montes. Univ. Politécnica de Madrid. Madrid.
- TRITTON, L.M. & HORBECK, J.W. 1982. Biomass equations for major tree species of the Northeast. Northeast Forestry Experiment. Station. USDA. Forest service. General Technical Report NE-69. Broomfield Pa.
- TYRON, E.H. & PEASE, R.W. 1953. Shading effects of natural canopies on holly characteristics. Castanea Vol 18 N° 3: 69-83.
- VANCLAY, J. 1994. Modelling forest growth and yield. Applications to mixed tropical forests. CAB International. Wallingford.
- VOORBERGE, T.B. 1987. Growing holly in Holland. Holly Society Journal Vol 5 N°2: 22-23.
- WALDEN, R.F. & WRIGHT, R.D. 1995. Supraoptimal root-zone temperature influences the medium solution and growth of "Helleri" holly. HortScience Vol 30 N°5: 1020-1025.
- WEISE, U. 1987. Beiträge zur Methodik und Genauigkeit von Stammscheiben-Bohrkern und Stammanalysen an Fichte und Tanne. Mitteilungen der Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt, Baden-Württemberg, Heft 130-133.
- WHEELDON, J.B., (1959). Propagating holly under mist. Am. Nurs, 10: 32-44.
- WHETJE, G. & GILLIAM, C.H., 1991. Weed control in field-grown holly. J. environmental hort., Vol: 9, N°: 1, Pgs: 29-32.
- WHITCOMB, C.E. 1978. Micronutrient fertilizers used on container-grown *Ilex crenata* "Hetzi". American Nurseryman Vol 148 N° 9: 10-75.
- WHITCOMB, C.E. 1974. Response of *Juniperus chinensis* "Pfitzeriana" and *Ilex cornuta* "Burford" to 3 levels of and 3 levels of single superphosphate in the growing medium in 3 container size. Research Report, Oklahoma Agricultural Experiment Station (No-P-704): 30-34.
- WRIGHT, R.E. & MERTENS, W.C. 1979. A comparison of holly root and shoot growth. American Nurseryman Vol 150 N° 8: 113-115.
- WRIGHT, R.D. & GILLIAM, C.H. 1977. Studies for holly nutrition and growth. Proceedings of the 54th Meeting of the Holly Society of America Pp:6-7.
- WRIGHT, R.D. 1976¹. Temperature and photoperiod on the growth of *Ilex cornuta* Lindl. et Paxt. Hortscience Vol 11 N° 1:44-46.



- WRIGHT, R.D. 1976². 6-benzylaminopurine promotes axillary shoot in *Ilex crenata* Thunb. Hortscience Vol 11 N° 1: 43-44.
- WRIGHT, R.D. & AUNG, L.H. 1975. Effects of applied gibberellins on the growth of Japanese holly. Hortscience Vol 10 N° 2: 181-182.
- YEAGER, T. H.; HARRISON, R. H. & INGRAM, D. 1991. 'Rotundifolia' holly growth and Nitrogen accumulation influence by supraoptimal root-zone temperatures. Hortscience 26: 1387-1388.
- YEAGER, T.H. & INGRAM, D.L. 1985. Container production of holly in Florida. Circular Florida Cooperative Extension Service 589.
- ZAWITKOWSKI, J. 1971. Dry weight and leaf area of aspen trees in Northern Wisconsin. For. Bio. Stud. Orono. 191-205
- ZEIDE, B. 1993. Analysis of growth equations. Forest Science Vol 39 n° 3: 594-616.
- ZEIDE, B. 1992. Analysis of growth equations. (Inédito).

**I. MASAS NATURALES
DE ACEBO DEL
SISTEMA IBÉRICO NORTE.**

**II. PLANTACIONES
Y
PROPAGACIÓN DE LA ESPECIE**

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE
MONTES

**APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE LAS
ACEBEDAS DEL SISTEMA IBÉRICO NORTE:
CARACTERIZACIÓN, CRECIMIENTO,
PROPAGACIÓN, CONSERVACIÓN, TRATAMIENTOS
SELVÍCOLAS Y PRODUCCIÓN DE RAMILLA CON
FINES ORNAMENTALES.**

ANEXOS

TESIS DOCTORAL

M^a DOLORES GARCÍA GONZÁLEZ
Ingeniera de Montes
2001

DEPARTAMENTO DE SILVOPASCICULTURA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MONTES
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

**APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE LAS ACEBEDAS
DEL SISTEMA IBÉRICO NORTE:
CARACTERIZACIÓN, CRECIMIENTO, PROPAGACIÓN,
CONSERVACIÓN, TRATAMIENTOS SELVÍCOLAS Y PRODUCCIÓN
DE RAMILLA CON FINES ORNAMENTALES.**

ANEXOS

Autora:

M^a DOLORES GARCÍA GONZÁLEZ
Ingeniera de Montes

Director:

JOSÉ ALBERTO PARDOS CARRIÓN
Doctor Ingeniero de Montes

Madrid, Octubre de 2001

INDICE

Anexo 1.- Localización de las principales acebedas del Sistema Ibérico	
Norte.....	1
1.1- Mapa 1.	3
1.2- Mapa 2.	5
1.3- Mapa 3.	7
Anexo 2.- Localización de las parcelas experimentales en la Acebeda de Garagüeta.	9
2.1.- Plano de situación de parcelas del inventario de la zona densa.	11
2.2.- Plano de localización de parcelas experimentales	13
Anexo 3.- Estructura de la masa.....	15
3.1.- Dendrograma de la clasificación de las parcelas del inventario de la zona densa de la Acebeda de Garagüeta..	17
3.2.- Preselección y selección de cepas en la zona adehesada	19
Anexo 4.- Crecimiento	21
4.1.- Modelos de crecimiento en diámetro de los chirpiales de la zona densa	23
4.2.- Modelos de crecimiento en altura de los chirpiales de la zona densa.....	38
4.3.- Modelos de crecimiento en diámetro de los chirpiales de la zona adehesada.	48
4.4.- Modelos de crecimiento en altura de los chirpiales de la zona adehesada	51
4.5.- Modelos de crecimiento en altura de las cepas.....	54
Anexo 5.- Biomasa.....	65
5.1.- Tablas de correlación entre las variables dependientes e independientes.....	67
5.2.- Modelos de biomasa seleccionados para los chirpiales	70
5.3.- Modelos de biomasa seleccionados para las cepas.....	82
Anexo 6.- Aprovechamientos	87
6.1.- Metodología para la medición de la densidad foliar de las cepas.....	89
6.2.- Ejemplos de inferencia con el modelo de producción propuesto	90
Anexo 7.- Selección de cepas	93
7.1.- Ficha de campo para la selección de cepas	95
7.2.- Altura, diámetro, crecimiento longitudinal y esbeltez de los clones seleccionados en la Fase de Vivero.....	98
7.3.- Altura, diámetro, crecimiento longitudinal y esbeltez de los clones seleccionados en la Fase de Campo	100
Anexo 8.- Plantaciones	105
8.1.- Características de la planta producida.....	107
8.2.- Modelo de base de datos de las plantaciones experimentales.....	108
8.3.- Localización de las plantaciones experimentales	109
8.4.- Medio físico de la plantaciones.....	116
8.5.- Tablas y gráficos de separación de medias	139
Anexo 9.- Métodos estadísticos	151
Anexo 10.- Fotográfico.....	161

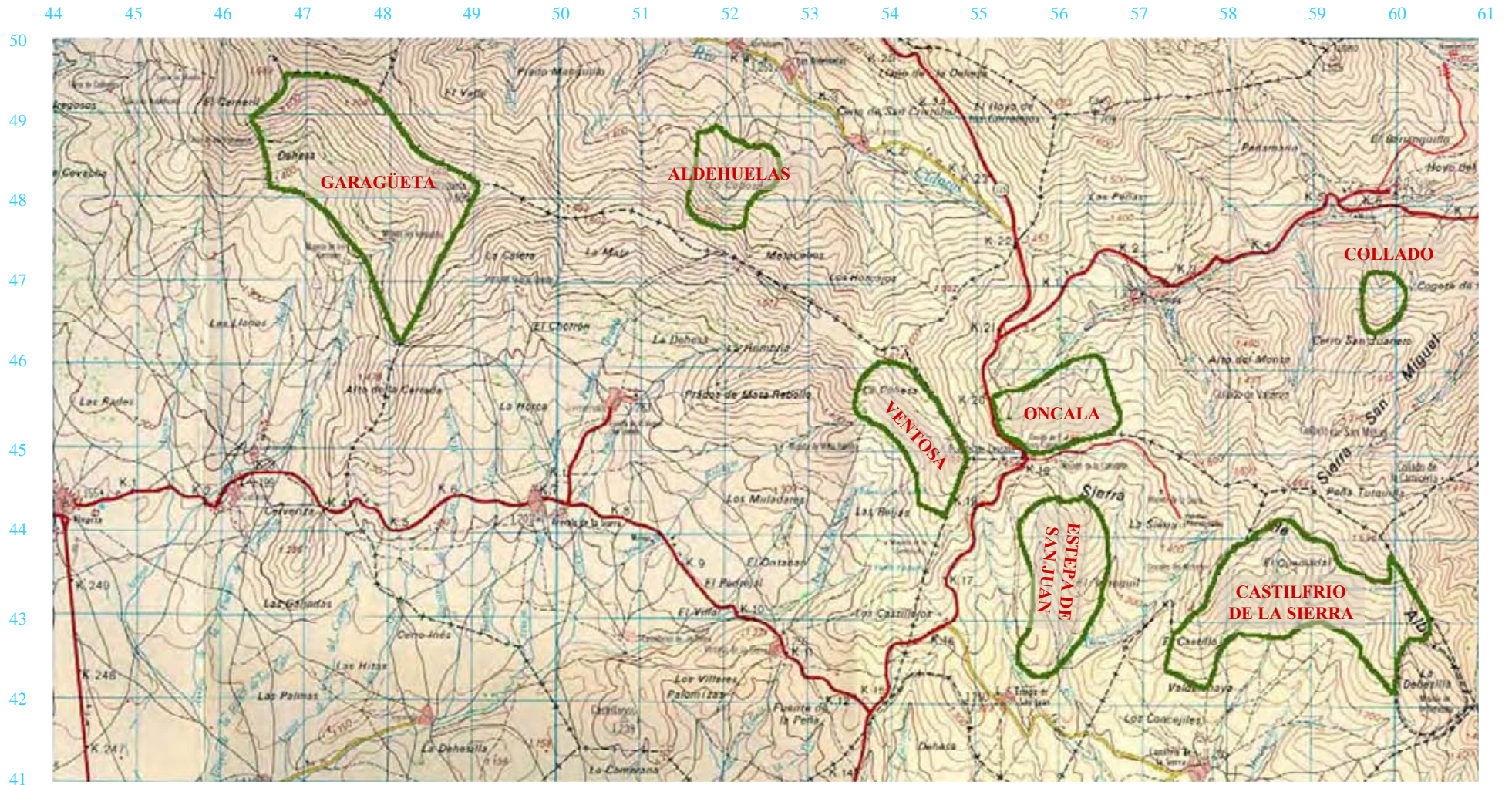
ANEXO 1.

**Localización de las principales acebedas del
Sistema Ibérico Norte.**

MAPA 1. Localización de las Principales Acebedas del Sistema Ibérico Norte (1).

Hoja 318. Mapa militar de España. Servicio Geográfico del Ejército.

Escala 1:50.000

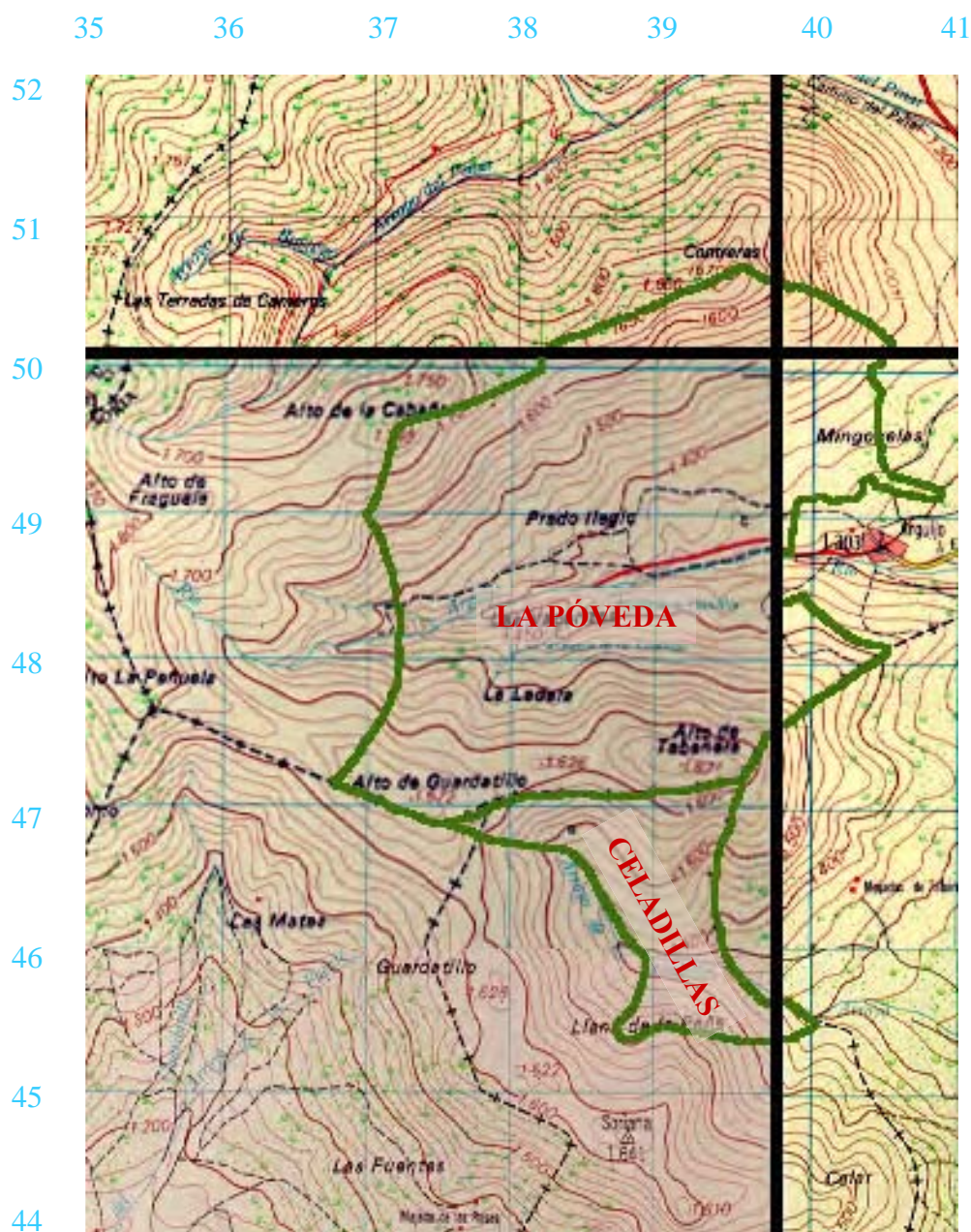


MAPA 2. Localización de las Principales Acebedas del Sistema Ibérico Norte (2).

Hojas 279, 280, 317 y 318. Mapa militar de España.

Servicio Geográfico del Ejército.

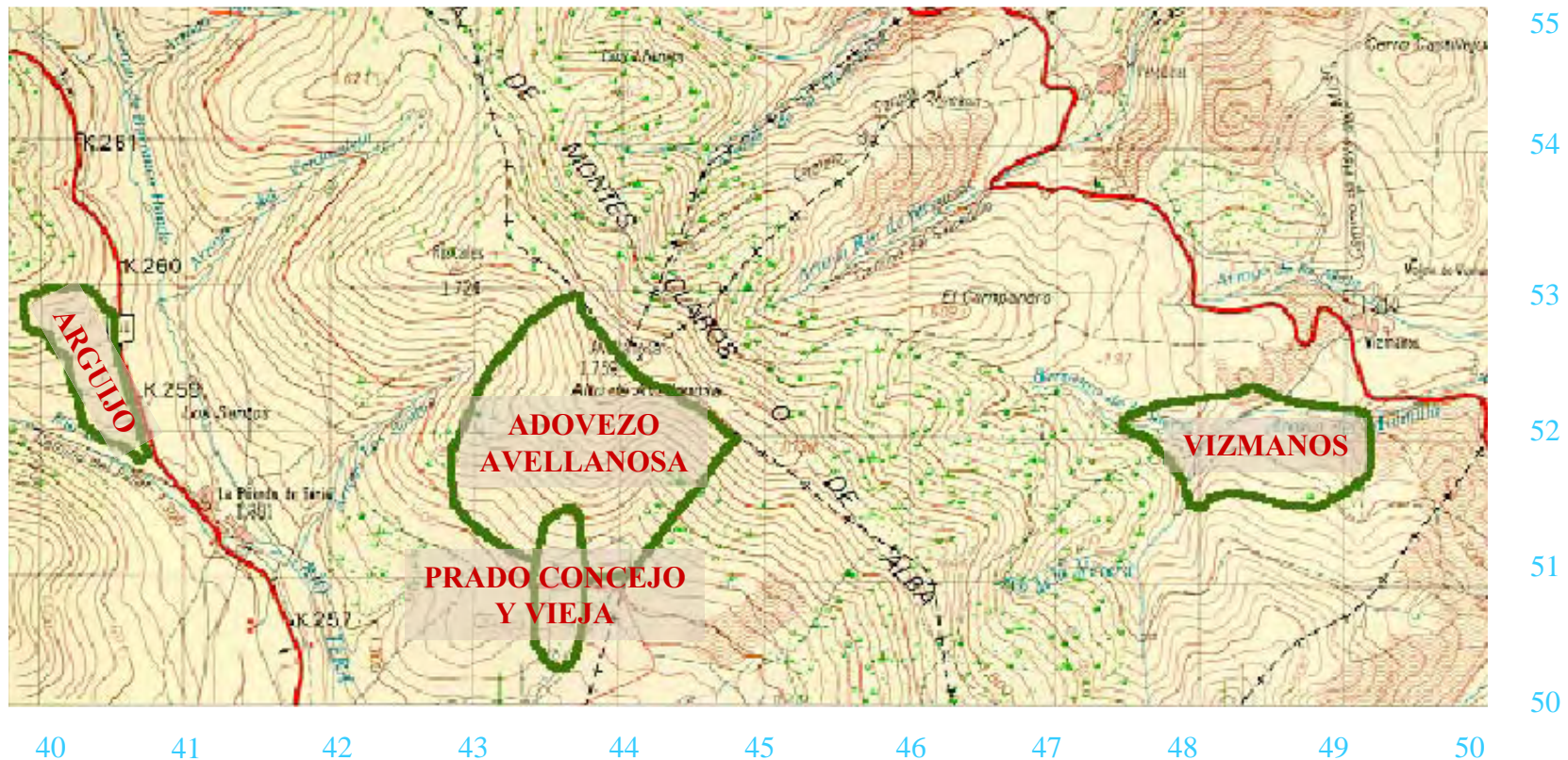
Escala 1:50.000



MAPA 3. Localización de las Principales Acebedas del Sistema Ibérico Norte (3).

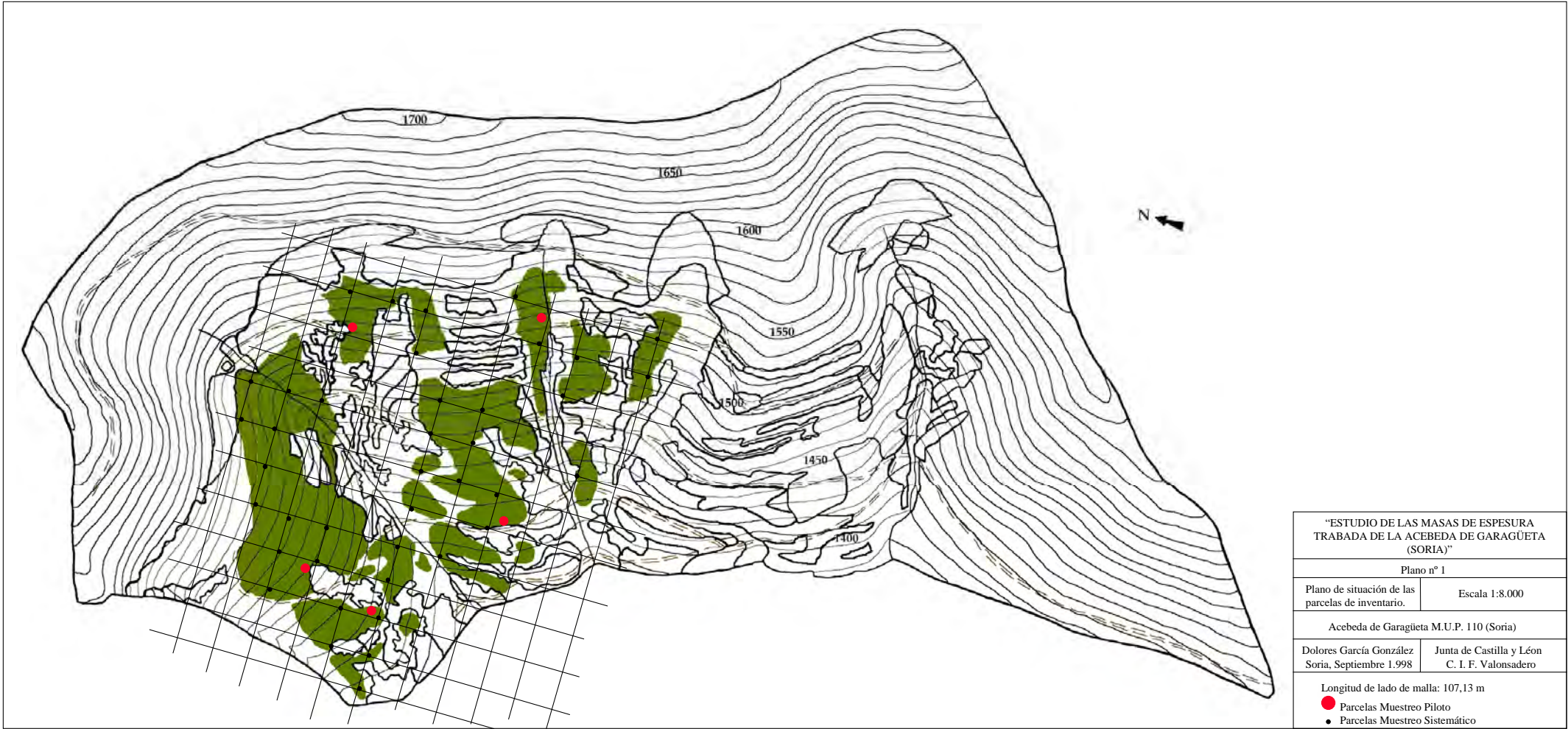
Hoja 280. Mapa militar de España. Servicio Geográfico del Ejército.

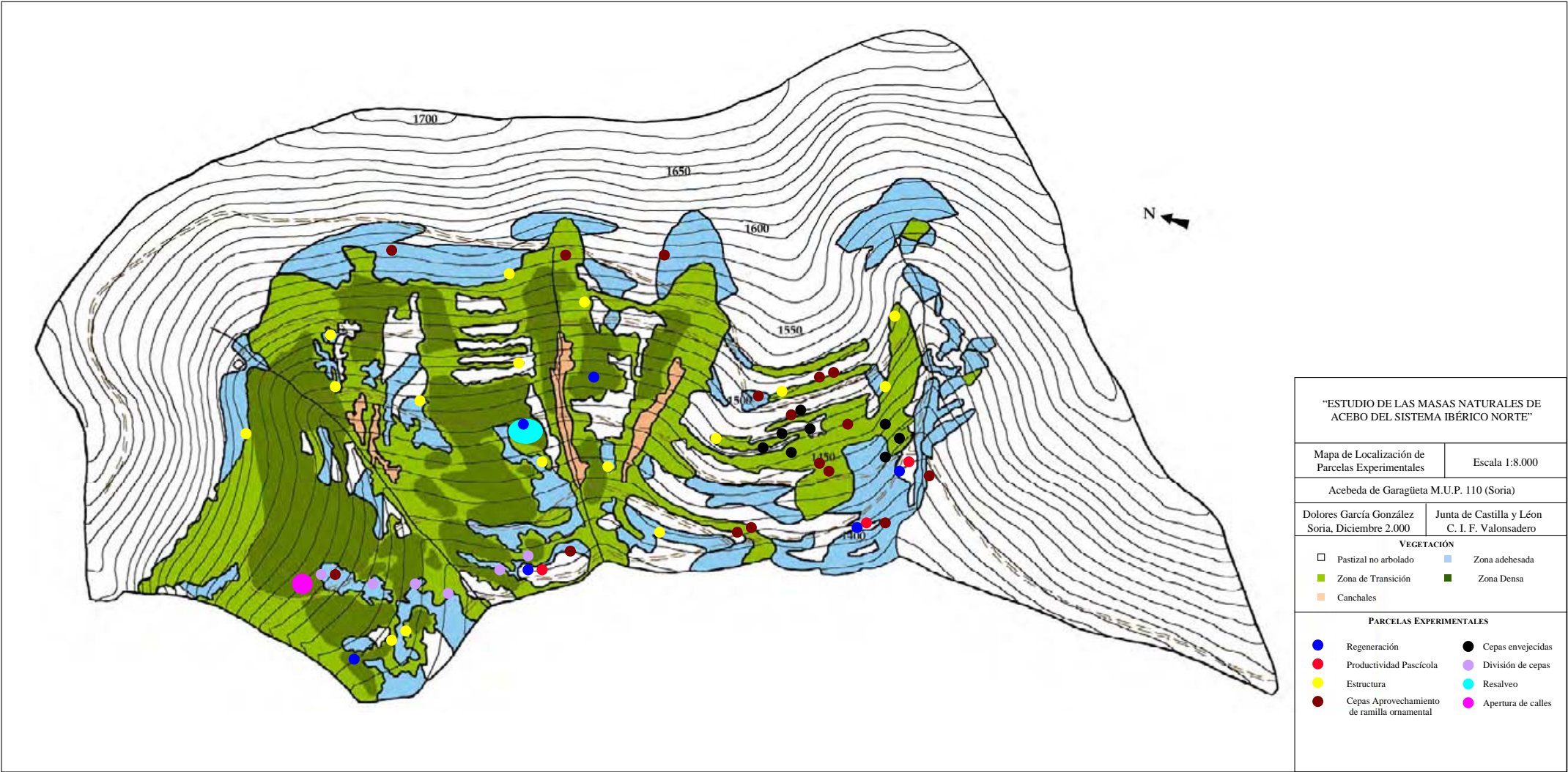
Escala 1:50.000



ANEXO 2.

**Plano de localización de las parcelas
experimentales en la Acebeda de Garagüeta.**

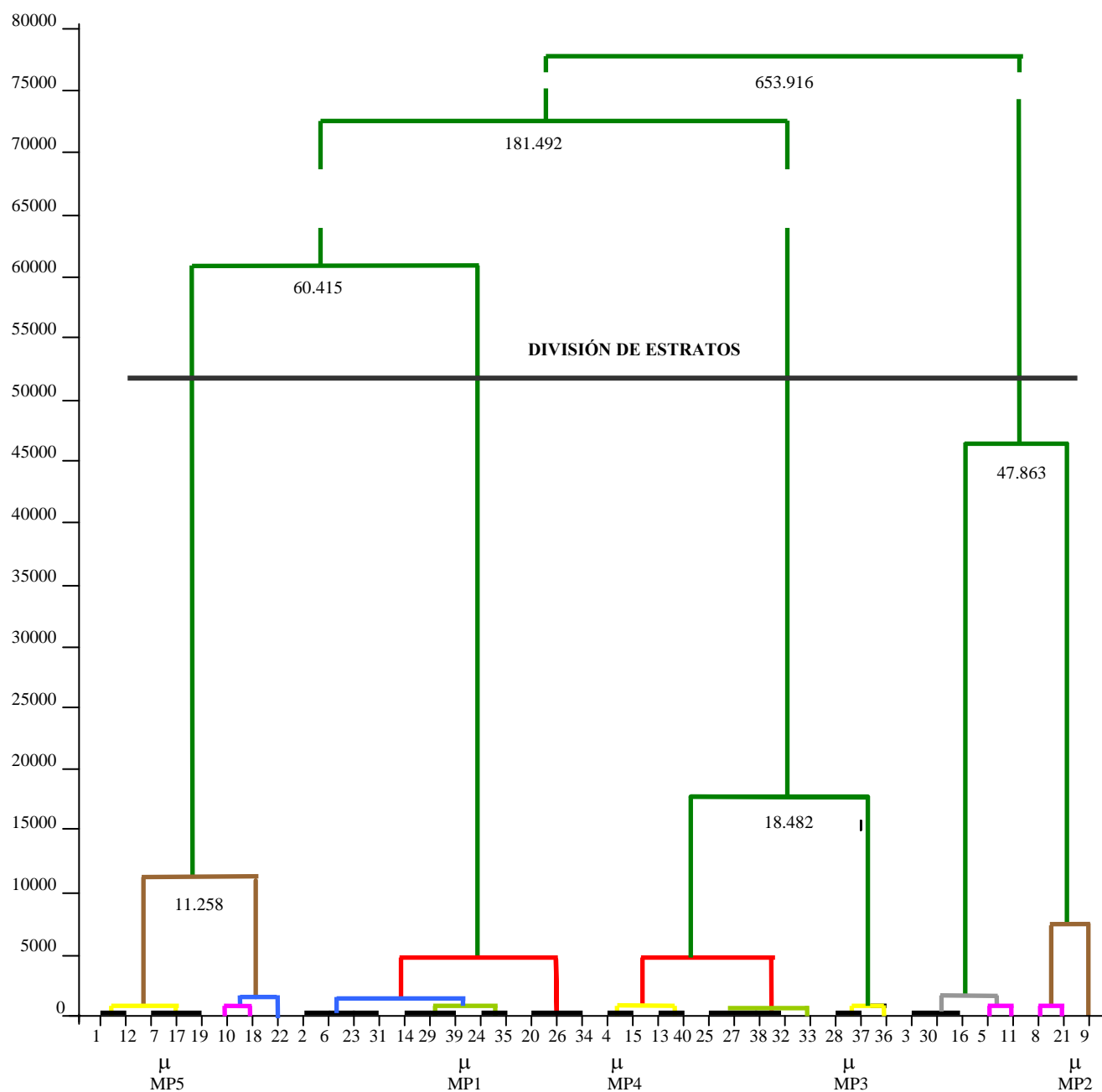




ANEXO 3.

Estructura de la masa.

3.1. Dendrograma de la clasificación de las parcelas del inventario de la zona densa de la Acebeda de Garagüeta.



3.2. Preselección y selección de cepas en la zona adehesada.

Tabla 3.1. Cepas preseleccionadas para el estudio de la estructura de las cepas de acebo de las zonas adehesadas. Las cepas marcadas en negrita son las seleccionadas.

CLASE°	ACEBO	ALTURA T.	DIAM. N-S	DIAM. E-O	PERIMETRO
1	NUM. 1	1,27 m	1,42 m	1,34 m	4,40 m
1	NUM. 2	1,47 m	1,27 m	1,38 m	4,83 m
1	NUM. 3	1,11 m	1,18 m	1,14 m	3,99 m
1	NUM. 4	1,32 m	1,51 m	1,50 m	5,26 m
1	NUM. 5	1,19 m	0,94 m	0,99 m	3,59 m
1	NUM. 6	1,25 m	1,32 m	1,39 m	4,52 m
1	NUM. 7	1,16 m	1,48 m	1,66 m	5,27 m
1	NUM. 8	1,15 m	1,07 m	1,00 m	3,67 m
1	NUM. 9	1,20 m	1,32 m	1,28 m	4,48 m
1	NUM. 10	1,37 m	1,09 m	0,97 m	4,06 m
1	NUM. 11	1,18 m	1,30 m	1,35 m	4,63 m
1	NUM. 12	0,92 m	1,07 m	1,11 m	3,13 m
MEDIA CLASE 1		1,22 m	1,25m	1,26 m	4,32 m
2	NUM. 1	2,39 m	2,50 m	2,46 m	8,60 m
2	NUM. 2	2,62 m	2,38 m	2,52 m	7,10 m
2	NUM. 3	2,85 m	2,36 m	2,10 m	6,90 m
2	NUM. 4	2,57 m	2,24 m	2,05 m	7,50 m
2	NUM. 5	2,39 m	2,38 m	2,10 m	7,10 m
2	NUM. 6	2,87 m	2,68 m	2,33 m	7,50 m
2	NUM. 7	2,60 m	1,65 m	1,72 m	4,60 m
2	NUM. 8	2,14 m	2,20 m	1,96 m	5,70 m
2	NUM. 9	2,63 m	2,45 m	2,55 m	8,30 m
2	NUM. 10	2,66 m	2,25 m	2,10 m	6,90 m
MEDIA CLASE 2		2,59 m	2,33 m	2,19 m	7,04 m
3	NUM. 1	5,15 m	4,45 m	4,40 m	13,40 m
3	NUM. 2	5,60 m	4,05 m	4,25 m	13,00 m
3	NUM. 3	5,50 m	4,50 m	4,20 m	13,60 m
3	NUM. 4	4,96 m	4,35 m	4,60 m	14,00 m

Tabla 3.1. Cepas preseleccionadas para el estudio de la estructura de las cepas de acebo de las zonas adehesadas. Las cepas marcadas en negrita son las seleccionadas.

CLASE°	ACEBO	ALTURA T.	DIAM. N-S	DIAM. E-O	PERIMETRO
3	NUM. 5	5,70 m	5,50 m	4,60 m	15,80 m
3	NUM. 6	5,70 m	4,60 m	4,65 m	14,50 m
3	NUM. 7	5,60 m	3,50 m	3,80 m	11,40 m
3	NUM. 8	5,33 m	4,60 m	4,75 m	14,60 m
3	NUM. 9	5,31 m	4,90 m	5,00 m	15,50 m
3	NUM. 10	5,15 m	4,65 m	4,60 m	14,50 m
MEDIA CLASE 3		5,41 m	4,51 m	4,48 m	14,00 m
4	NUM. 1	7,70 m	5,60 m	6,70 m	21,40 m
4	NUM. 2	7,00 m	5,50 m	6,90 m	20,60 m
4	NUM. 3	7,85 m	6,85 m	6,10 m	22,00 m
4	NUM. 4	7,27 m	6,60 m	7,00 m	21,85 m
4	NUM. 5	7,30 m	5,80 m	5,80 m	18,25 m
4	NUM. 6	7,41 m	6,15 m	7,35 m	22,10 m
4	NUM. 7	7,85 m	6,40 m	6,30 m	20,30 m
4	NUM. 8	7,85 m	6,50 m	6,00 m	20,00 m
4	NUM. 9	7,80 m	6,80 m	6,60 m	21,00 m
4	NUM. 10	6,85 m	6,80 m	6,60 m	21,00 m
4	NUM. 11	8,25 m	7,00 m	6,90 m	22,00 m
MEDIA CLASE 4		7,55 m	6,36 m	6,56 m	20,9 m

4.5.- Modelos de crecimiento en altura de las cepas.

1. AJUSTE DEL MODELO DE RICHARDS AL CONJUNTO DE LOS DATOS SIN RESTRICCIONES.

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable HA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	2265.6071726	755.2023909		
Residual	201	103.5956794	0.5154014		
Uncorrected Total	204	2369.2028520			
(Corrected Total)				203	963.8408332

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	39.19897611	7.42620801	15.37225059	54.57122670
B	0.00255307	0.00016356	0.00221448	0.00289165
C	0.82066821	0.20338827	0.39965448	1.24168193

Asymptotic Correlation Matrix				
Corr	A	B	C	
//////////				
A	1	-0.998517472	0.9468608122	
B	-0.998517472	1	-0.962685012	
C	0.9468608122	-0.962685012	1	

Figura 4.100. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado en altura (m) de las cepas de acebo sin competencia lateral de la zona adheresada de la acebada.

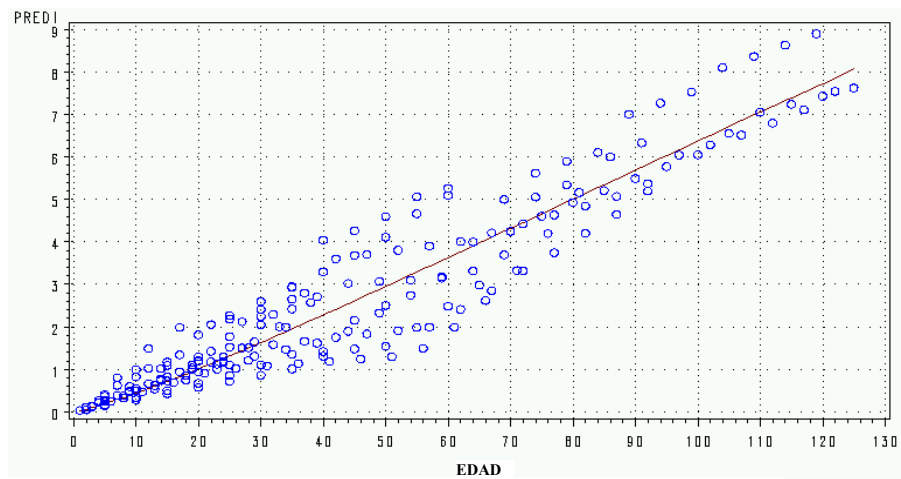


Figura 4.101. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento en altura acumulada (m) de las cepas de acebo sin competencia lateral de la zona adheresada de la acebada con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio (ECM) de este modelo es de 0,17 m.

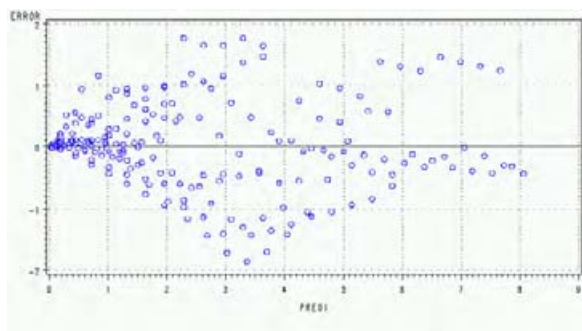


Figura 4.102. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichas por la misma (PREDI).

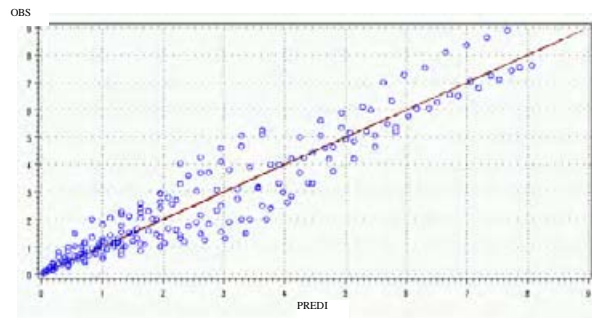


Figura 4.103. Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI).

2. AJUSTE DEL MODELO DE RICHARDS AL CONJUNTO DE LOS DATOS CON UNA ASINTOTA MENOR DE 12 M.

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable HA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	2251.4804488	750.4934829		
Residual	201	117.7224032	0.5856836		
Uncorrected Total	204	2369.2028520			
(Corrected Total)	203	963.8408332			

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	10.19993895	1.6338691544	6.9781786473	13.421699247
B	0.01388977	0.0037876540	0.0064210499	0.021358492
C	0.57900358	0.0790254188	0.4231765677	0.734830602

Asymptotic Correlation Matrix			
Corr	A	B	C
A	1	-0.977195959	0.8814270748
B	-0.977195959	1	-0.957232984
C	0.8814270748	-0.957232984	1

Figura 4.104. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Marquadt al crecimiento acumulado en altura de las cepas de acebo sin competencia lateral de la zona adhesada de la acebeda.

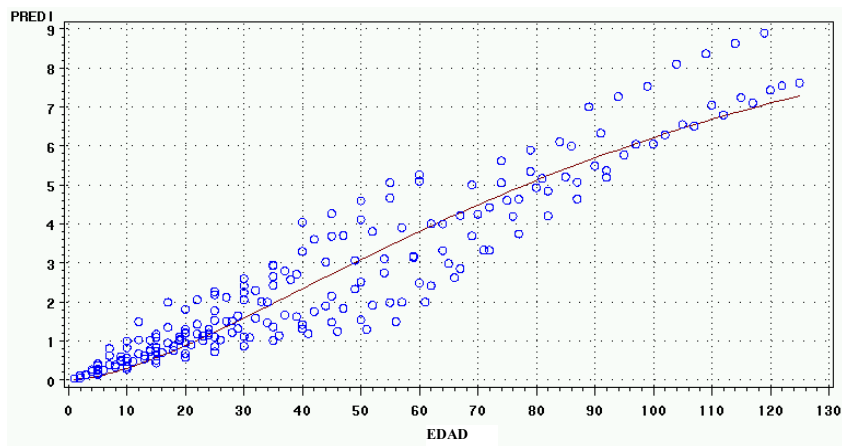


Figura 4.105. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento en altura acumulada (m) de las cepas de acebo sin competencia lateral de la zona adhesada de la acebeda con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio cometido en este ajuste es de 0,18 m.

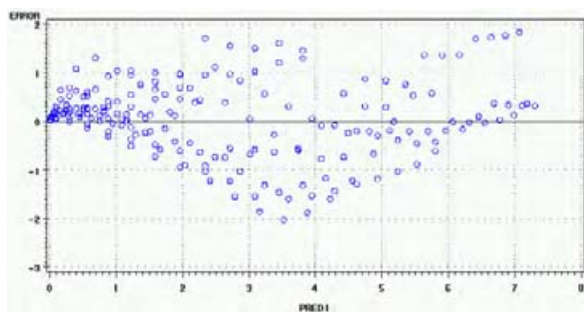


Figura 4.106 Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichas por la misma (PREDI).

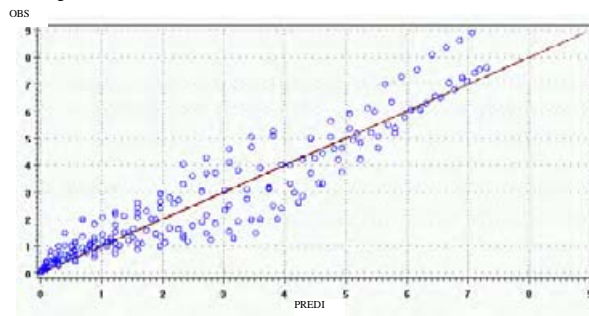


Figura 4.107. Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI).

3. AJUSTE DEL MODELO DE RICHARDS A LAS CEPAS FUERTEMENTE RAMONEADAS SIN RESTRICCIONES

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable HA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	1655.0866017	551.6955339		
Residual	121	44.1909343	0.3652143		
Uncorrected Total	124	1699.2775360			
(Corrected Total)	123	772.0687450			

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	31.16927138	12.41963926	5.46061819	56.8779246
B	0.00514076	0.00143151	0.00217753	0.0081039
C	0.57590747	0.23496923	0.08952116	1.0622937

Asymptotic Correlation Matrix				
Corr	A	B	C	
Corr	1			
A	1	-0.996229643	0.9466604057	
B	-0.996229643	1	-0.970616113	
C	0.9466604057	-0.970616113	1	

Figura 4.108. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado en altura de las cepas de acebo fuertemente ramoneadas sin competencia lateral de la zona adhesada de la acebeda.

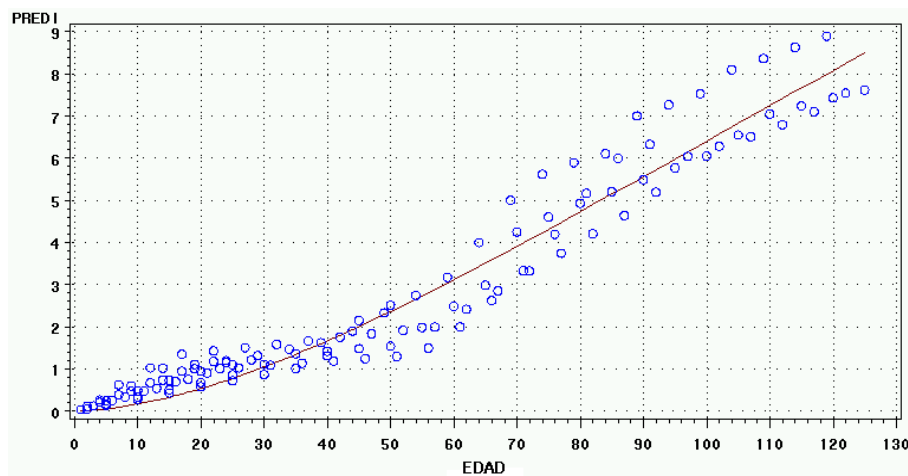


Figura 4.109. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento en altura acumulada (m) de las cepas de acebo sin competencia lateral fuertemente ramoneadas de la zona adhesada de la acebeda y de los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio cometido en este ajuste es de 0,25 m.

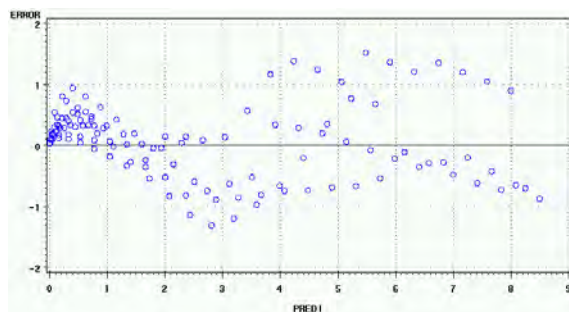


Figura 4.110 Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichas por la misma (PREDI).

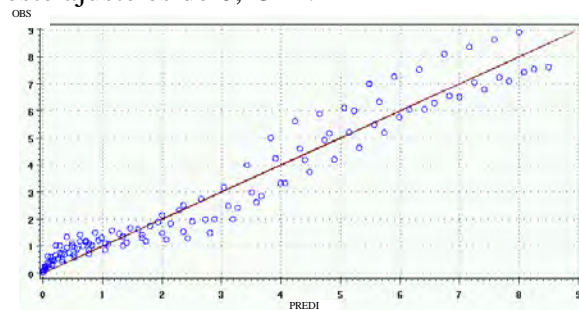


Figura 4.111. Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI).

4. AJUSTE DEL MODELO DE RICHARDS A LAS CEPAS FUERTEMENTE RAMONEADAS CON UNA ASINTOTA MENOR DE 12 M.

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable HA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	1650.166607	550.055536		
Residual	121	49.1108753	0.4058750		
Uncorrected Total	124	1699.2775360			
(Corrected Total)	123	772.0687450			
Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval		
			Lower	Upper	
A	12.00000000	2.0137090910	8.0133005237	15.986699476	
B	0.01570875	0.0038388383	0.0081086938	0.023308798	
C	0.37331944	0.0634933119	0.2476166982	0.499022181	
Asymptotic Correlation Matrix					
Corr	A	B	C		
1	1				
A		-0.977330938	0.9001533643		
B			1		
C				-0.968997867	1

Figura 4.112. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado en altura de las cepas de acebo fuertemente ramoneadas sin competencia lateral de la zona adhesada de la acebeda.

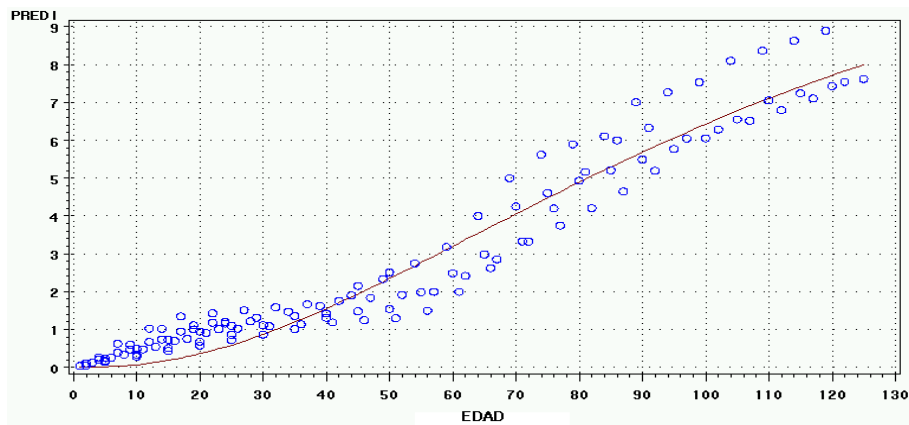


Figura 4.113. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento en altura acumulada (m) de las cepas de acebo fuertemente ramoneadas sin competencia lateral de la zona adhesada de la acebeda y de los datos utilizados para su ajuste.

En este caso el error cuadrático medio que aparece en el ajuste es de 0,26 m.

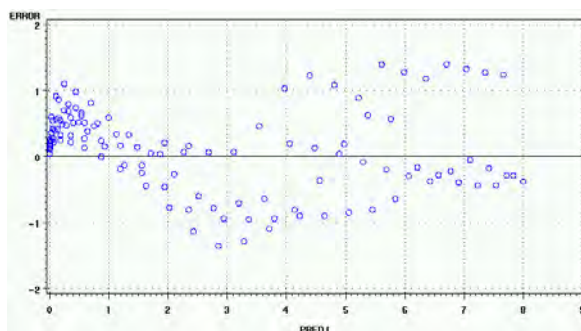


Figura 4.114 Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichas por la misma (PREDI).

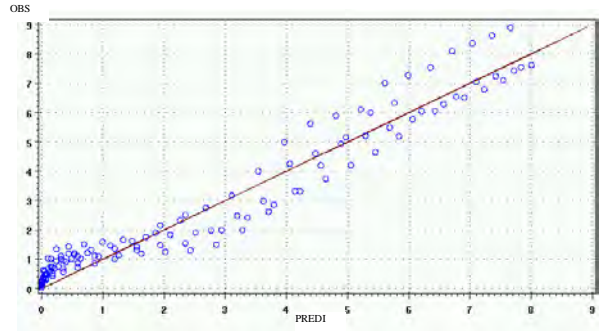


Figura 4.115. Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI).

5. AJUSTE DEL MODELO DE RICHARDS A LAS CEPAS RAMONEADAS A PARTIR DE 1,5 M DE ALTURA.

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable HA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	1574.3236275	524.7745425		
Residual	47	25.0863145	0.5337514		
Uncorrected Total	50	1599.4099420			
(Corrected Total)	49	191.5795701			
Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval		
			Lower	Upper	
A	8.674943573	0.71472330651	7.2371096308	10.112777515	
B	0.038918475	0.00841161558	0.0219965331	0.055840417	
C	0.081936731	0.04247141576	-0.0035045051	0.167377968	
Asymptotic Correlation Matrix					
Corr	A	B	C		
A	1	-0.931336159	0.8840900032		
B	-0.931336159	1	-0.990876694		
C	0.8840900032	-0.990876694	1		

Figura 4.116. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Marquardt al crecimiento acumulado en altura de las cepas de acebo fuertemente ramoneadas sin competencia lateral de la zona adeshada de la acebeda a partir de 1,5 m.

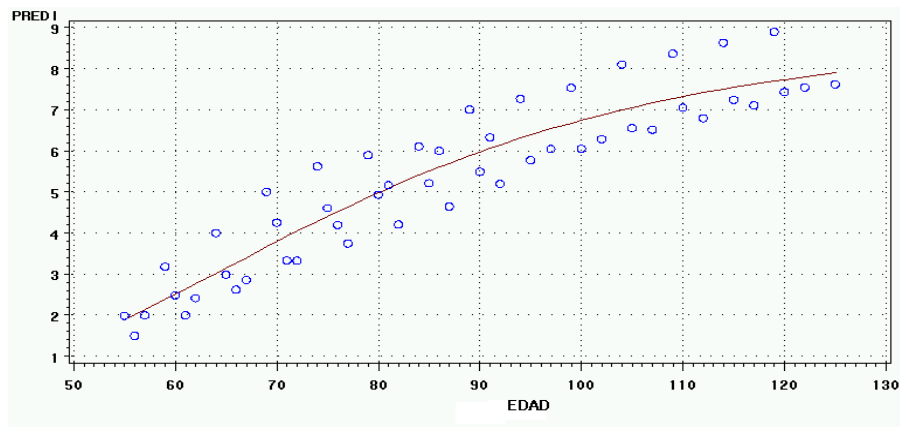


Figura 4.117. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento en altura acumulada (m) de las cepas de acebo fuertemente ramoneadas sin competencia lateral de la zona adeshada de la acebeda a partir de 1,5 m de altura junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio de este ajuste es de 0,29 m.

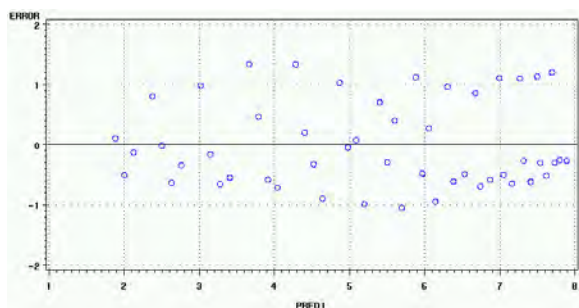


Figura 4.118 Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichas por la misma (PREDI).

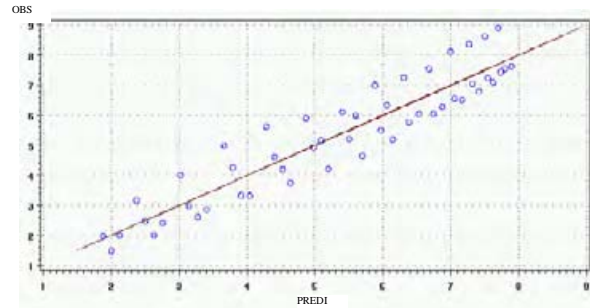


Figura 4.119. Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI).

6. AJUSTE DEL MODELO DE RICHARDS A LAS CEPAS POCO AFECTADAS POR LA ACCIÓN DEL GANADO SIN RESTRICCIONES.

Non-Linear Least Squares Summary Statistics			Dependent Variable HA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	
Regression	3	651.26485994	217.08828665	
Residual	78	18.70540006	0.23981282	
Uncorrected Total	81	669.97026000		
(Corrected Total)	80	192.92641822		
Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	12.00000000	5.3805780211	2.6936514922	22.693651492
B	0.00732332	0.0007057998	0.0067281189	0.081374765
C	0.97040307	0.1624315173	0.6470256729	1.293780466
Asymptotic Correlation Matrix				
Corr	A	B	C	
////////////////////////////////////				
A	1	-0.994809503	0.9211427745	
B	-0.994809503	1	-0.954871226	
C	0.9211427745	-0.954871226	1	

Figura 4.120. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado en altura de las cepas de acebo sin competencia lateral y poco afectadas por la acción del ganado de la zona adhesada de la acebada.

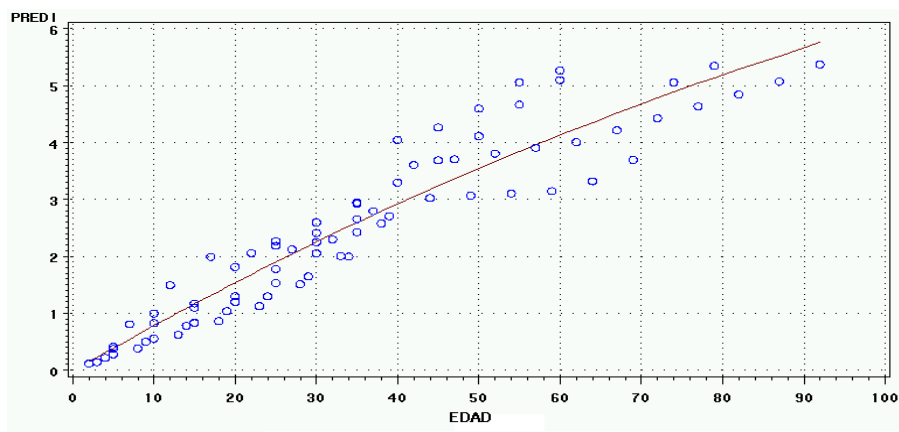


Figura 4.121. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento en altura acumulada (m) de las cepas de acebo sin competencia lateral y poco afectadas por la acción del ganado de la zona adhesada de la acebada y de los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio en este caso es de 0,18 m.

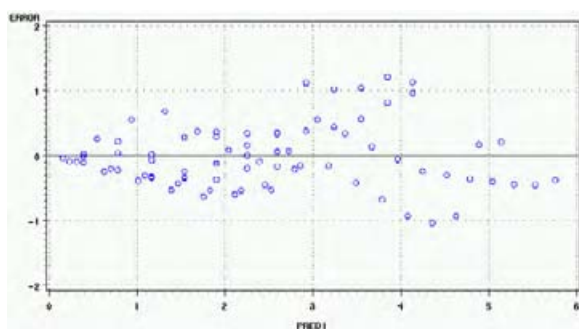


Figura 4.122. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichas por la misma (PREDI).

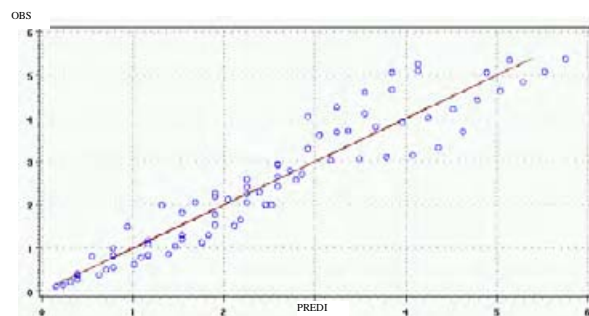


Figura 4.123. Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI).

7. AJUSTE DEL MODELO DE RICHARDS A LAS CEPAS POCO AFECTADAS POR LA ACCIÓN DEL GANADO CON ASINTOTA A 12 M.

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable HA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	653.00754043	217.66918014		
Residual	78	16.96271957	0.21747076		
Uncorrected Total	81	669.97026000			
(Corrected Total)	80	192.92641822			
Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval		
			Lower	Upper	
A	6.067727741	0.65487055478	4.7639762355	7.3714792460	
B	0.026633621	0.00677520484	0.0131451792	0.0401220633	
C	0.620019602	0.10449802509	0.4119793162	0.8280598882	
Asymptotic Correlation Matrix					
Corr	A	B	C		
1	1				
A		-0.953655978	0.8304529559		
B			1		
C				-0.951280605	1

Figura 4.124. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado en altura de las cepas de acebo sin competencia lateral y poco afectadas por la acción del ganado de la zona adeshada de la acebeda.

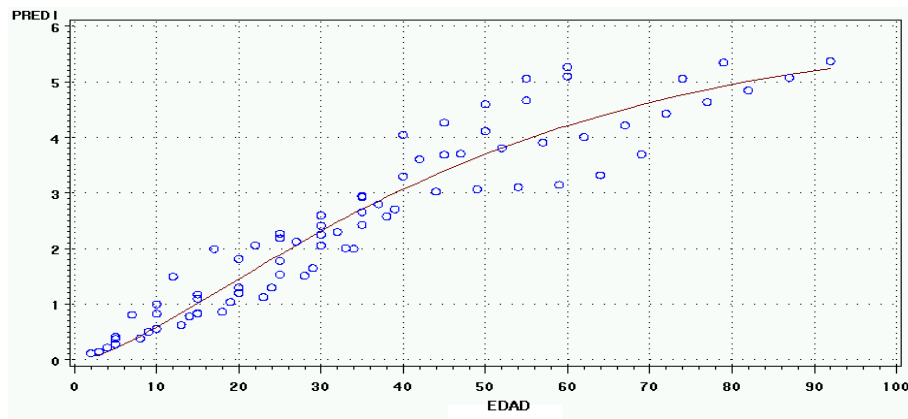


Figura 4.125. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento en altura acumulada (m) de las cepas de acebo sin competencia lateral y poco afectadas por la acción del ganado de la zona adeshada de la acebeda junto con los datos utilizados para su ajuste.

Su error cuadrático medio es de 0,18 m.

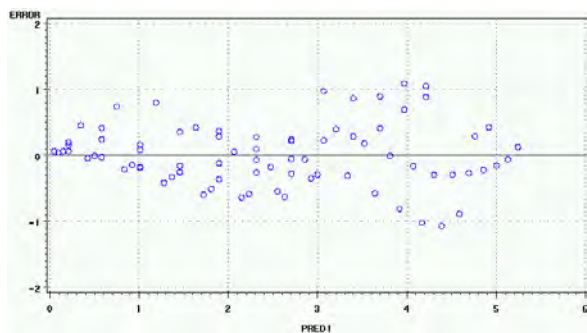


Figura 4.126 Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichas por la misma (PREDI).

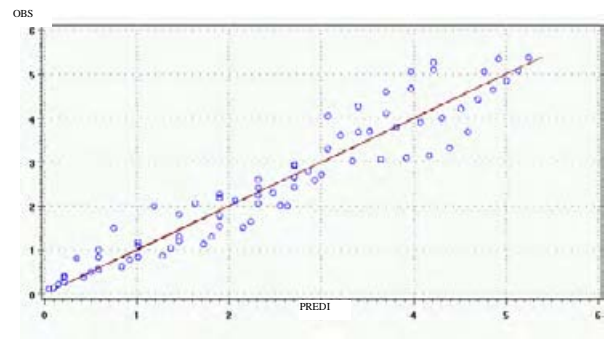


Figura 4.127. Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI).

8. AJUSTE DEL MODELO DE RICHARDS A LAS CEPAS LIBRES DE LA ACCIÓN DEL GANADO Y SIN TRASMOCHAR SIN RESTRICCIONES.

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable HA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	292.45768167	97.48589389		
Residual	43	3.94422833	0.09172624		
Uncorrected Total	46	296.40191000			
(Corrected Total)	45	99.27166922			
Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval		
			Lower	Upper	
A	20.71372622	5.29794029	9.74698983	31.68046262	
B	0.00820719	0.00113507	0.00585759	0.01055679	
C	0.69225071	0.21812317	0.24073575	1.14376567	
Asymptotic Correlation Matrix					
Corr	A	B	C		
A	1	-0.997334139	0.9529521957		
B	-0.997334139	1	-0.972177948		
C	0.9529521957	-0.972177948	1		

Figura 4.128. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado en altura de las cepas de acebo sin competencia lateral, sin trasmochar y poco afectadas por la acción del ganado de la zona adeshada de la acebeda.

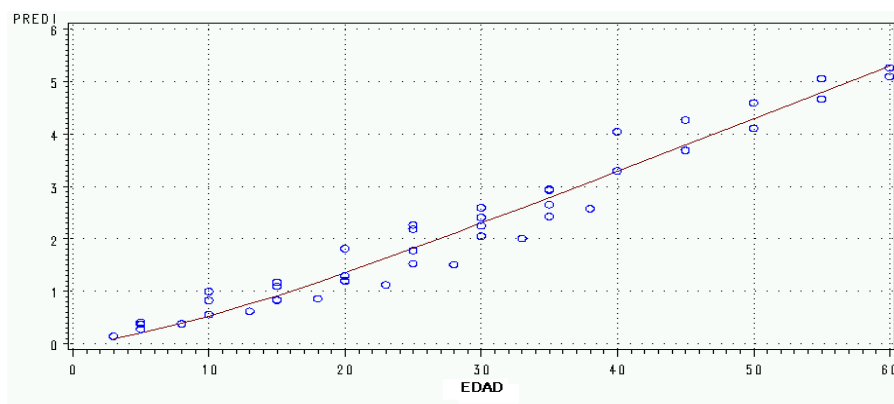


Figura 4.129. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento en altura acumulada (m) de las cepas de acebo sin competencia lateral, sin trasmochar y poco afectadas por la acción del ganado de la zona adeshada de la acebeda junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio en este caso es de 0,13 m.

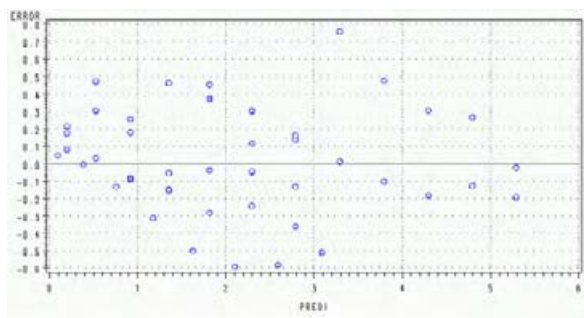


Figura 4.130 Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichas por la misma (PREDI).

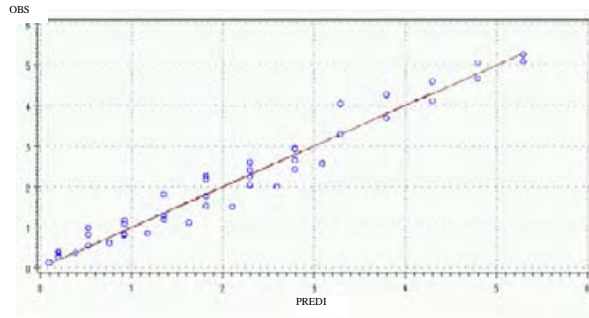


Figura 4.131. Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI).

9. AJUSTE DEL MODELO DE RICHARDS A LAS CEPAS LIBRES DE LA ACCIÓN DEL GANADO Y SIN TRASMOCHAR SIN RESTRICCIONES CON ASINTOTA MENOR DE 12 M.

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable HA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	292.07533316	97.35844439		
Residual	43	4.32657684	0.10061807		
Uncorrected Total	46	296.40191000			
(Corrected Total)	45	99.27166922			
Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval		
			Lower	Upper	
A	9.442127423	3.0236020871	3.3444755511	15.539779294	
B	0.020920760	0.0093659014	0.0020326911	0.039808830	
C	0.548213222	0.1038250127	0.3388309140	0.757595530	

Asymptotic Correlation Matrix			
Corr	A	B	C
#####	#####	#####	#####
A	1	-0.987699887	0.9225883328
B	-0.987699887	1	-0.969879327
C	0.9225883328	-0.969879327	1

Figura 4.132. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado en altura de las cepas de acebo sin competencia lateral, sin trasmochar y poco afectadas por la acción del ganado de la zona adhesada de la acebeda.

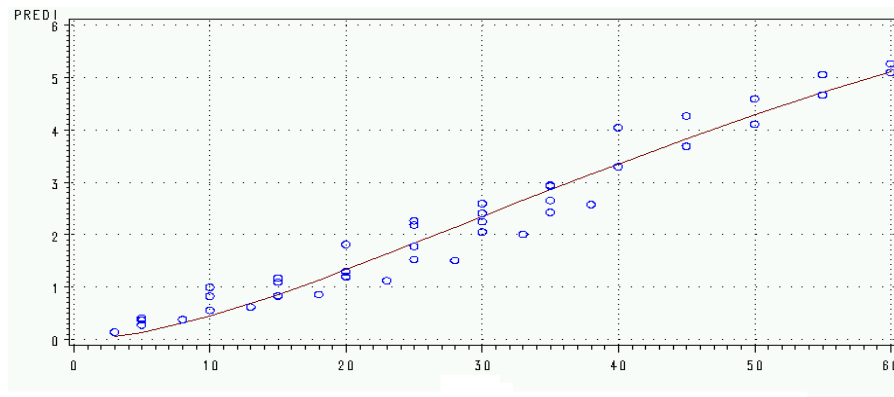


Figura 4.133. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento en altura acumulada (m) de las cepas de acebo sin competencia lateral, sin trasmochar y poco afectadas por la acción del ganado de la zona adhesada de la acebeda junto con los datos utilizados para su ajuste.

Estos ajustes presentan el menor error cuadrático medio, 0,14 m.

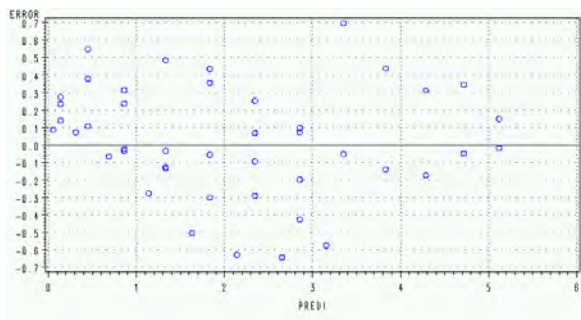


Figura 4.134 Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichas por la misma (PREDI).

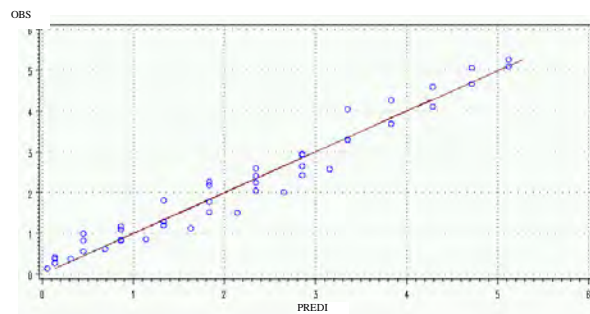


Figura 4.135. Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI).

10. AJUSTE DEL MODELO DE RICHARDS A LAS CEPAS LIBRES DE LA ACCIÓN DEL GANADO, SIN TRASMOCHAR Y A PARTIR DE 1,5 M DE ALTURA.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	3	279.40994130	93.13664710
Residual	23	3.05303070	0.13274047
Uncorrected Total	26	282.46297200	
(Corrected Total)	25	35.52080338	

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval Lower	Asymptotic 95 % Confidence Interval Upper
A	11.11732092	1.3536308201	9.2319830041	12.466624853
B	0.01764300	0.0020768212	0.0133441189	0.021941971
C	0.56609964	0.2705055756	0.0065207198	1.125678552

Asymptotic Correlation Matrix

Corr	A	B	C
A	1	-0.99572677	0.9731501728
B	-0.99572677	1	-0.989928554
C	0.9731501728	-0.989928554	1

Figura 4.136. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado en altura a partir de 1,5 m de altura de las cepas de acebo sin trasmochar, poco afectadas por la acción del ganado y sin competencia lateral de la zona adeshada de la acebeda.

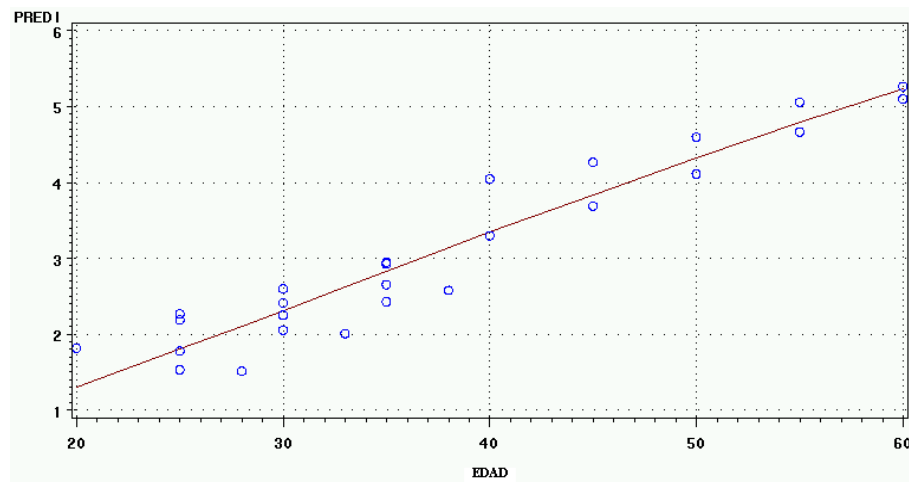


Figura 4.137. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento en altura acumulada (m) a partir de 1,5 m de altura de las cepas de acebo sin trasmochar, poco afectadas por la acción del ganado y sin competencia lateral de la zona adeshada de la acebeda junto con los datos utilizados para su ajuste.

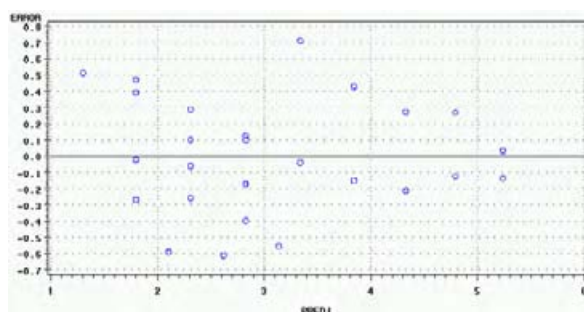


Figura 4.138. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichas por la misma (PREDI).

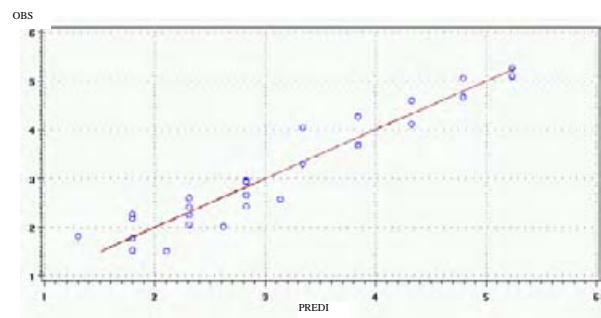


Figura 4.139. Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI).

11. AJUSTE DEL MODELO DE RICHARDS A LAS CEPAS DE LA ZONA ADEHESADA DE LAS ACEBEDAS A PARTIR DE 1,5 M DE ALTURA.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square
Regression	3	1839.5223486	613.1741162
Residual	73	42.3505654	0.5801447
Uncorrected Total	76	1881.8729140	
(Corrected Total)	75	311.7390276	

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	9.440992162	0.99690691284	7.4541543821	11.427829942
B	0.033465731	0.00691741525	0.0196793059	0.047252155
C	0.097020616	0.04036345316	0.0165761611	0.177465072

Asymptotic Correlation Matrix

Corr	A	B	C
A	1	-0.950617507	0.9087117196
B	-0.950617507	1	-0.991538233
C	0.9087117196	-0.991538233	1

Figura 4.140. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado en altura a partir de 1,5 m de altura de las cepas de acebo sin competencia lateral de la zona adhesada de la acebeda.

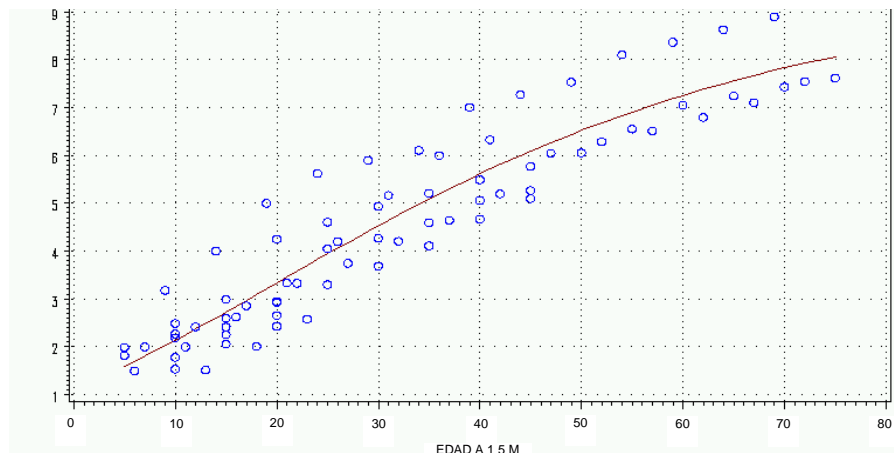


Figura 4.141. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento en altura acumulada (m) a partir de 1,5 m de altura de las cepas de acebo sin competencia lateral de la zona adhesada de la acebeda y de los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio de este ajuste es de 0,48 m.

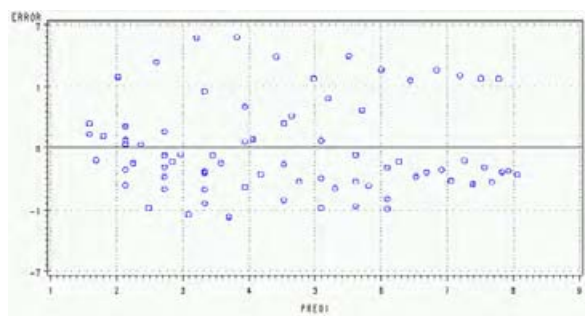


Figura 4.142 Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichas por la misma (PREDI).

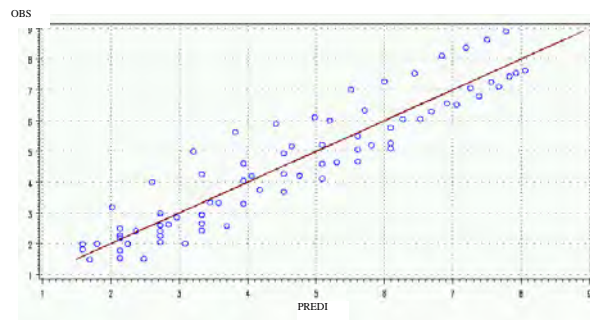


Figura 4.143. Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI).

4.4.- Modelos de crecimiento en altura de los chirpiales de la zona adhesada.

1. AJUSTE DIRECTO DEL MODELO DE RICHARDS.

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable HA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	16107.261951	5369.087317		
Residual	1506	1366.852755	0.907605		
Uncorrected Total	1509	17474.114707			
(Corrected Total)	1508	5933.410805			
Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval		
			Lower	Upper	
A	10.50647395	0.98885212791	8.5667667558	12.446181146	
B	0.01510998	0.00284379799	0.0095316607	0.020688304	
C	1.03316467	0.05092150588	0.9332783385	1.133051001	
Asymptotic Correlation Matrix					
Corr	A	B	C		
////////////////////////////////////					
A	1	-0.982947191	0.8592039707		
B	-0.982947191	1	-0.934231931		
C	0.8592039707	-0.934231931	1		

Figura 4.91. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado en altura de los troncos de acebo de las cepas de la zona adhesada de la acebeda.

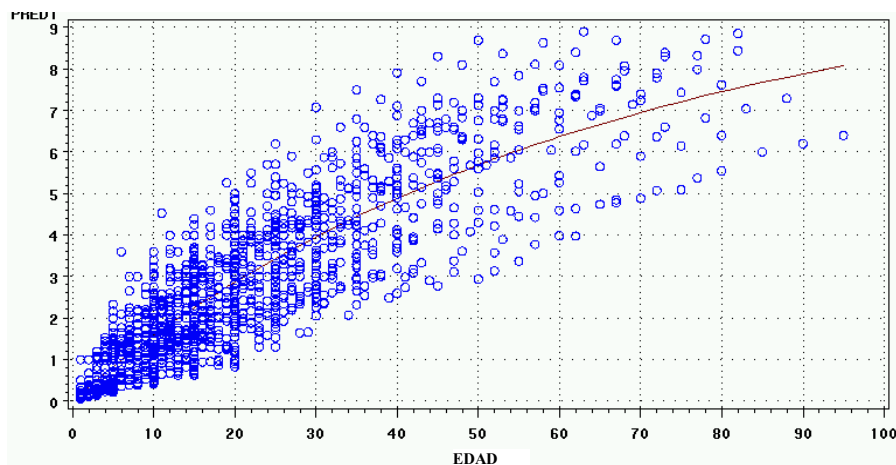


Figura 4.92. Representación gráfica de la curva ajustada al crecimiento acumulado en altura (m) de los troncos de acebo de las cepas de la zona adhesada de la acebeda con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio del modelo es de 0,096 m.

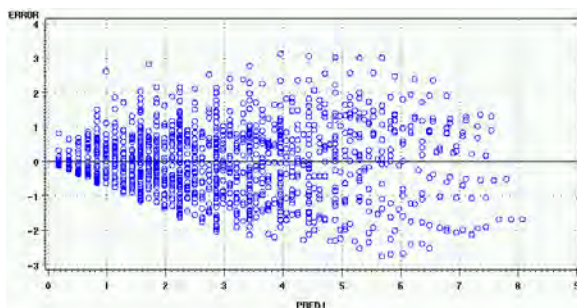


Figura 4.93. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichas por la misma (PREDI).

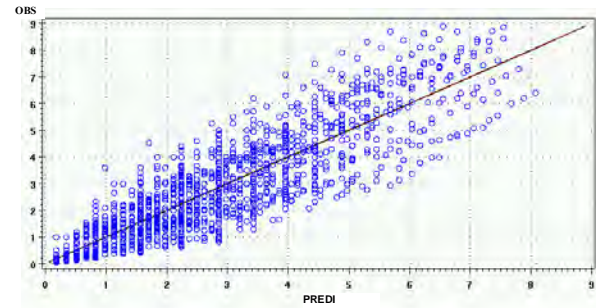


Figura 4.94. Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI).

2. AJUSTE MEDIANTE LOS VALORES MEDIOS DEL MODELO DE RICHARDS.

Parámetros	Valor medio
a	9,5852
b	0.0508
c	0.8065

Tabla 4.6. Valores medios de los parámetros de la función de Richards ajustados a cada árbol estudiado (Se consideran solamente aquellos árboles en los que el ajuste converge).

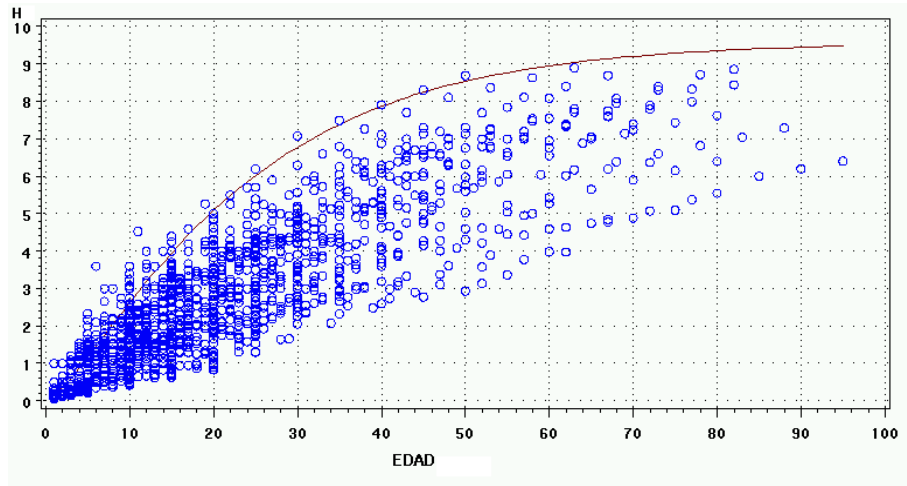


Figura 4.95. Representación gráfica de las curvas calculadas mediante los valores medios de los parámetros de las curvas ajustadas a los árboles individualmente junto con los valores observados.

El error medio cuadrático que se comete en este ajuste es de 0,2115 m.

3. AJUSTE DEL MODELO DE RICHARDS POR EL MÉTODO DE LOS ÁRBOLES EXTENDIDOS.

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable HA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	129674.62492	43224.87497		
Residual	3273	14141.70569	4.32072		
Uncorrected Total	3276	143816.33061			
(Corrected Total)	3275	34921.34446			

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	9.000212813	0.19264366656	8.6224917149	9.3779339102
B	0.023717312	0.00211523615	0.0195699175	0.0278647069
C	0.851644509	0.05928785613	0.7353973754	0.9678916432

Asymptotic Correlation Matrix

Corr	A	B	C
////////////////////////////////////			
A	1	-0.923204272	0.763768734
B	-0.923204272	1	-0.933583233
C	0.763768734	-0.933583233	1

Figura 4.96. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado de la altura de los troncos de acebo de las cepas de la zona adhesada de la acebeda. Los datos utilizados para este ajuste son los valores predichos hasta los 100 años de edad mediante los modelos ajustados a cada árbol (siempre que haya existido convergencia del modelo).

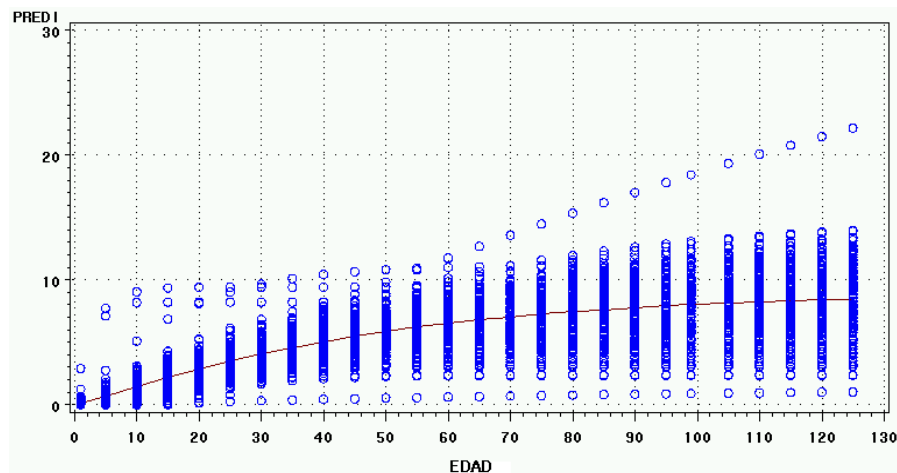


Figura 4.97. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos predichos por los modelos ajustados a cada árbol de crecimiento en altura acumulada (m) de los troncos de acebo de las cepas de la zona adhesada con los datos utilizados para su ajuste.

El error medio cuadrático del modelo es de 0,1079 m.

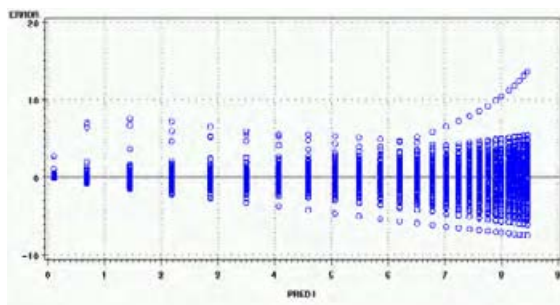


Figura 4.98. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichos por la misma (PREDI).

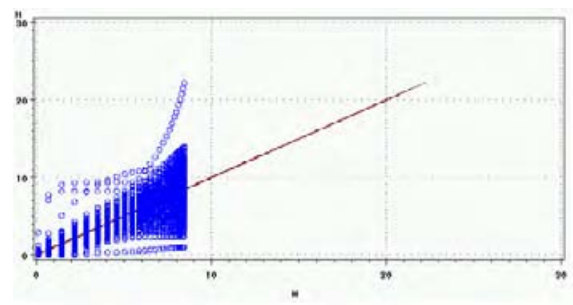


Figura 4.99. Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI).

ANEXO 4.

Crecimiento.

4.1.- Modelos de crecimiento en diámetro de los chirpiales de la zona densa.

1. AJUSTE DIRECTO DEL MODELO DE RICHARDS.

ESTRATO 1

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable DA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	279838.51657	93279.50552		
Residual	141	10448.51178	74.10292		
Uncorrected Total	144	290287.02835			
(Corrected Total)	143	68155.22313			
Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval		
			Lower	Upper	
A	444.7201518	153.0691711	127.86696727	761.57333594	
B	0.0015298	0.00008191	0.00144781	0.00161172	
C	1.2006559	0.46881834	0.73774075	1.65947424	
Asymptotic Correlation Matrix					
Corr	A	B	C		
A	1	-0.999532037	0.9463741052		
B	-0.999532037	1	-0.955710919		
C	0.9463741052	-0.955710919	1		

Figura 4.1. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado del diámetro de los chirpiales del Estrato 1 de la zona densa de la acebeda.

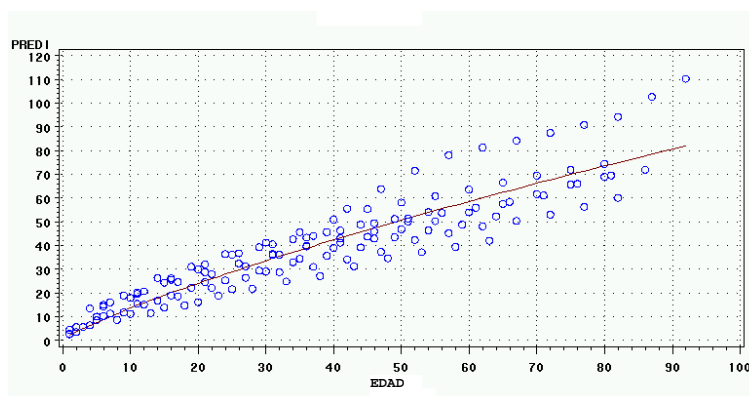


Figura 4.2. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento diametral acumulado (mm) de los chirpiales en el Estrato 1 junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio cometido en este ajuste es de 6,7 mm.

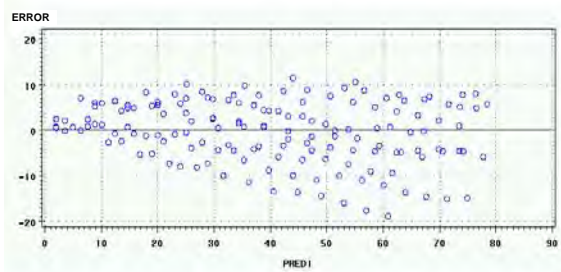


Figura 4.3. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichos por la misma (PREDI).

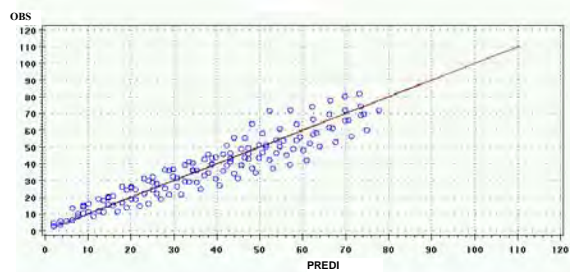


Figura 4.4. Representación gráfica de los diámetros observados (OBS) frente a los diámetros predichos por la curva ajustada (PREDI) para el Estrato 1.

ESTRATO 2

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable DA
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	
Regression	3	429747.14149	143249.04716	
Residual	173	20288.76714	117.27611	
Uncorrected Total	176	450035.90864		
(Corrected Total)	175	135235.14791		

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic Confidence Interval	Asymptotic 95 % Interval
			Lower	Upper
A	226.7767227	24.08282817	176.925268391	276.62817705
B	0.0072570	0.00224283	-0.002614245	0.01189976
C	1.0140466	0.13586796	0.745871434	1.28222173

Asymptotic Correlation Matrix			
Corr	A	B	C
Corr	1		
A	1	-0.994822173	0.9148936944
B	-0.994822173	1	-0.950088553
C	0.9148936944	-0.950088553	1

Figura 4.5. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado del diámetro de los chirpiales del Estrato 2 de la zona densa de la acebeda.

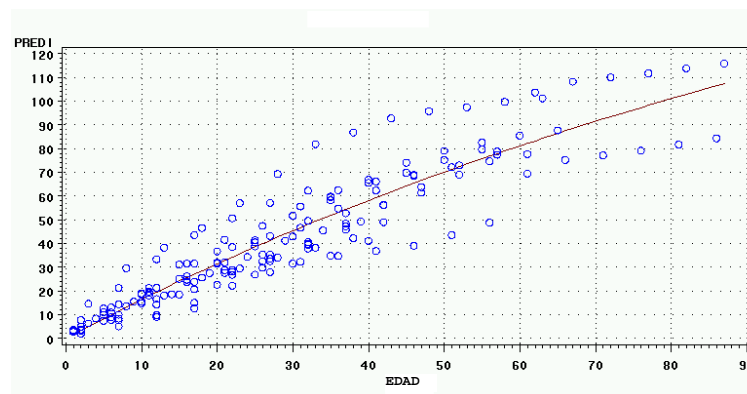


Figura 4.6. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento diametral acumulado (mm) de los chirpiales en el Estrato 2 junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio cometido en este ajuste es de 5,6 mm.

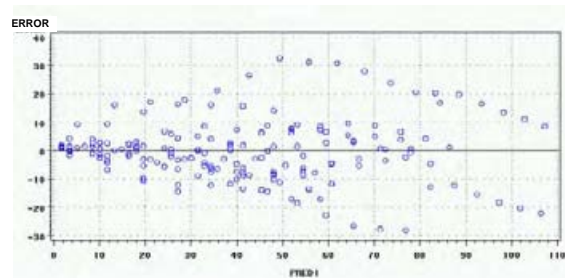


Figura 4.7. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichos por la misma (PREDI).

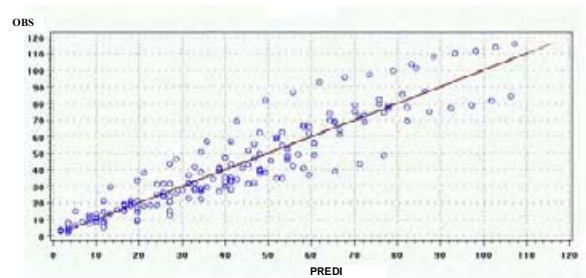


Figura 4.8. Representación gráfica de los diámetros observados (OBS) frente a los diámetros predichos por la curva ajustada (PREDI) para el Estrato 2.

ESTRATO 3

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable DA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	118256.24918	39418.74973		
Residual	66	5312.86951	80.49802		
Uncorrected Total	69	123569.11869			
(Corrected Total)	68	45184.32992			
Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval		
			Lower	Upper	
A	223.9722201	79.05707634	33.52727289	381.47171316	
B	0.0142697	0.00133041	0.01229292	0.01408322	
C	0.5873058	0.15570106	0.27643815	0.89817343	
Asymptotic Correlation Matrix					
Corr	A	B	C		
////////////////////////////////////					
A	1	-0.992979503	0.9333338416		
B	-0.992979503	1	-0.968461611		
C	0.9333338416	-0.968461611	1		

Figura 4.9. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado del diámetro de los chirpiales del Estrato 3 de la zona densa de la acebeda.

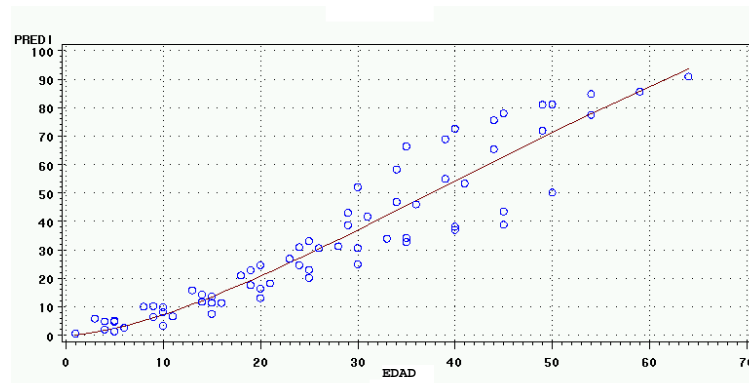


Figura 4.10. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento diametral acumulado (mm) de los chirpiales en el Estrato 3 junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio cometido en este ajuste es de 7,5 mm.

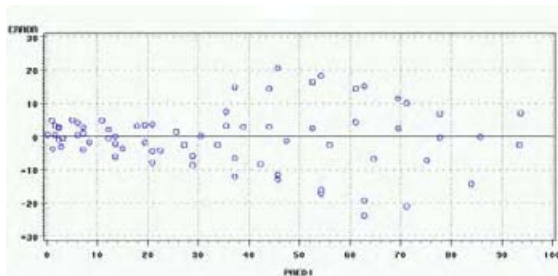


Figura 4.11. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichos por la misma (PRED1).

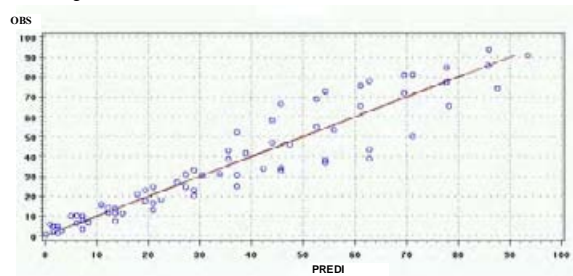


Figura 4.12. Representación gráfica de los diámetros observados (OBS) frente a los diámetros predichos por la curva ajustada (PRED1) para el Estrato 3.

ESTRATO 4 A

The NLIN Procedure					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Approx Pr > F
Regression	3	341281	113760	1233.53	<.0001
Residual	124	11435.7	92.2234		
Uncorrected Total	127	352716			
Corrected Total	126	110907			
Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval		
			Lower	Upper	
a	373.9	414.9	-447.3	1195.0	
b	0.00454	0.00599	-0.00732	0.0164	
c	0.8158	0.1376	0.5434	1.0881	
Approximate Correlation Matrix					
	a	b	c		
a	1.0000000	-0.9976163	0.9458118		
b	-0.9976163	1.0000000	-0.9656310		
c	0.9458118	-0.9656310	1.0000000		

Figura 4.13. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado del diámetro de los chirpiales del Estrato 4a de la zona densa de la acebeda.

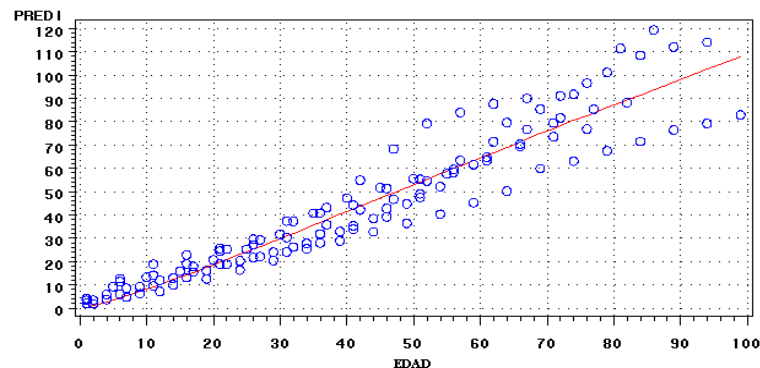


Figura 4.14. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento diametral acumulado (mm) de los chirpiales en el Estrato 4 a junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio cometido en este ajuste es de 7,4 mm.

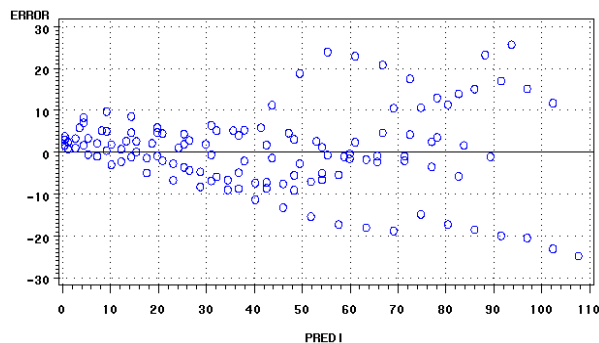


Figura 4.15. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichos por la misma (PREDI).

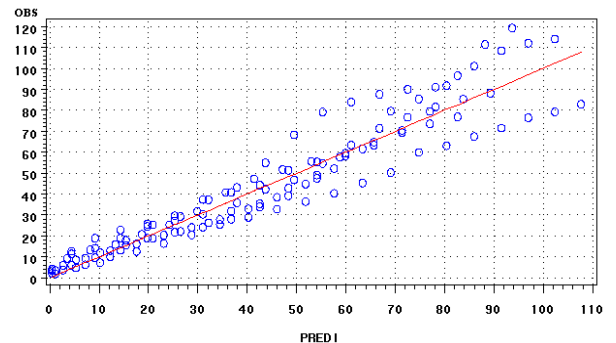


Figura 4.16. Representación gráfica de los diámetros observados (OBS) frente a los diámetros predichos por la curva ajustada (PREDI).

ESTRATO 4 B

The NLIN Procedure					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Approx Pr > F
Regression	3	507945	169315	761.56	<.0001
Residual	87	19342.5	222.3		
Uncorrected Total	90	527288			
Corrected Total	89	173293			

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
a	247.1	88.9583	70.2552	423.9
b	0.0159	0.00913	-0.00223	0.0341
c	0.7011	0.1424	0.4181	0.9842

Approximate Correlation Matrix			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.9879413	0.9094584
b	-0.9879413	1.0000000	-0.9608216
c	0.9094584	-0.9608216	1.0000000

Figura 4.17. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Marquadt al crecimiento acumulado del diámetro de los chirpiales del Estrato 4 b de la zona densa de la acebeda.

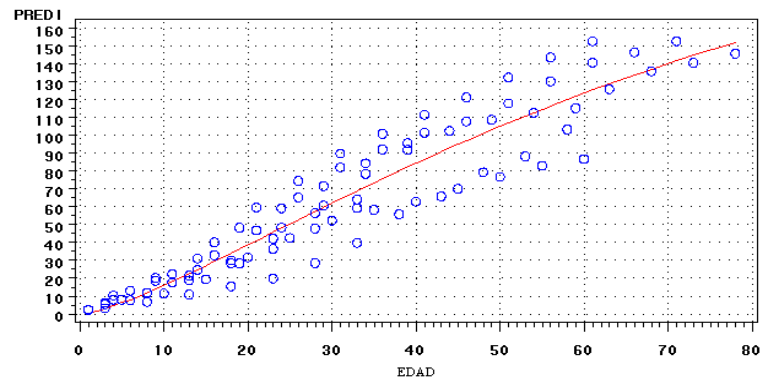


Figura 4.18. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento diametral acumulado (mm) de los chirpiales en el Estrato 4 b junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio cometido en este ajuste es de 7,6 mm.

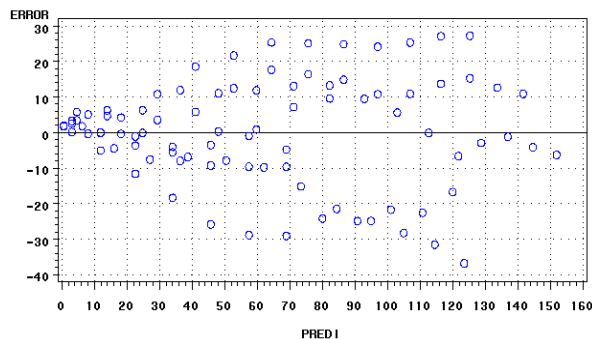


Figura 4.19. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichos por la misma (PREDI).

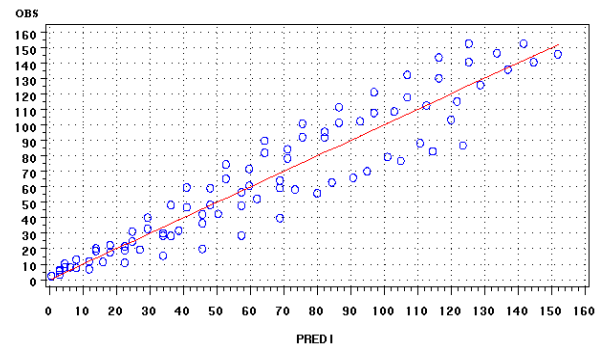


Figura 4.20. Representación gráfica de los diámetros observados (OBS) frente a los diámetros predichos por la curva ajustada (PREDI).

ESTRATOS 1,2,3 Y 4A JUNTOS

The NLIN Procedure					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Approx Pr > F
Regression	3	1143390	381130	2670.36	<.0001
Residual	513	73218.4	142.7		
Uncorrected Total	516	1216608			
Corrected Total	515	364688			

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
a	333.5	310.9	-277.3	944.4
b	0.00325	0.00424	-0.00507	0.0116
c	1.0872	0.1073	0.8764	1.2980

Approximate Correlation Matrix				
	a	b	c	
a	1.0000000	-0.9984522	0.9368796	
b	-0.9984522	1.0000000	-0.9545450	
c	0.9368796	-0.9545450	1.0000000	

Figura 4.21. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado del diámetro de los chirpiales de acebo del de la zona densa de la acebeda excluyendo los sestiles.

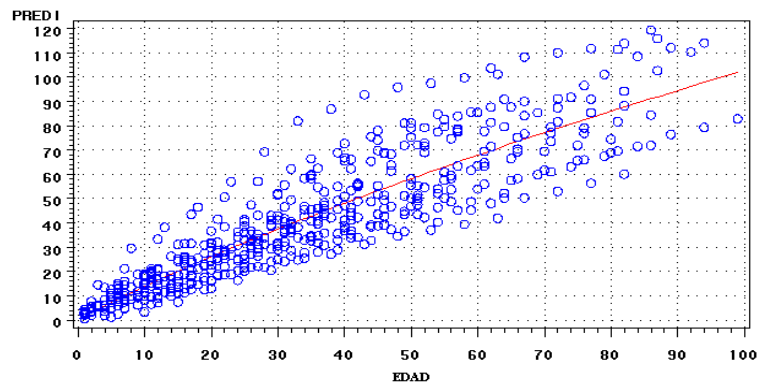


Figura 4.22. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento diametral acumulado (mm) de los chirpiales en la zona densa de la acebeda excluyendo los sestiles junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio cometido en este ajuste es de 15,2 mm.

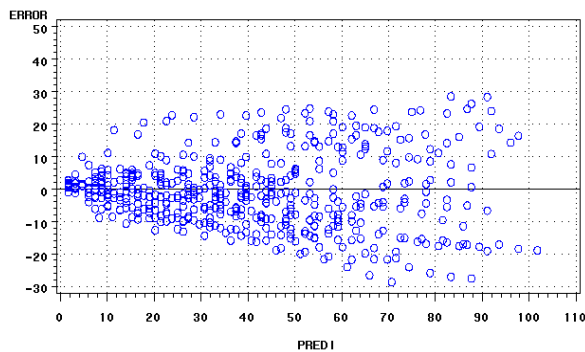


Figura 4.23. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichos por la misma (PREDI).

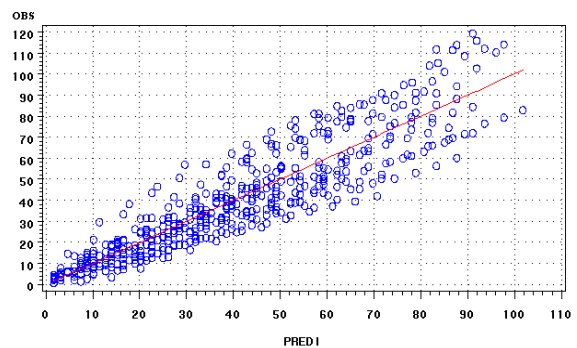


Figura 4.24. Representación gráfica de los diámetros observados (OBS) frente a los diámetros predichos por la curva ajustada (PREDI).

2. AJUSTE MEDIANTE LOS VALORES MEDIOS DEL MODELO DE RICHARDS.

Tabla 4.1. Resultados del ajuste de la función de Richards por regresión no lineal con el método iterativo de Mardquart a cada uno de los chirpiales estudiados en la zona densa del acebal. Donde, **a**, **b** y **c** son los parámetros de la función de Richards calculados, **MSE** es la suma de cuadrados medios del modelo, **n** es el rango, **e** el error cuadrático medio del modelo, y se señalan con NC los modelos que no cumplen las premisas de convergencia del mismo.

Estrato	Arbol	a	b	c	MSE	n	e	Observaciones
1	3	183.5145	0.0063	0.9541	40.81	16	1.60	
1	5	157.9747	0.0037	1.1747	8.496	13	0.81	
1	8	101.0106	0.0154	1.1121	3.402	16	0.46	
1	11	215.9467	0.0026	1.2741	19.893	17	1.08	NC
1	16	333.1535	0.0042	1.0127	277.68	19	3.82	NC
1	21	99.2445	0.0084	1.6498	3.772	11	0.59	
1	30	65.801	0.0243	1.0049	20.035	10	1.42	
1	41	72.7599	0.0201	1.2902	5.238	11	0.69	
1	42	235.449	0.0021	1.5002	26.652	18	1.22	NC
1	43	180.2651	0.0036	1.2724	2.455	13	0.43	NC
2	1	162.6748	0.025	0.416	452.297	18	5.01	
2	7	556.4746	0.002	0.9978	552.639	18	5.54	NC
2	10	118.0017	0.0263	0.7065	89.156	11	2.85	
2	12	337.7306	0.0079	0.6998	61.805	12	2.27	NC
2	17	153.778	0.0144	0.9454	144.286	13	3.33	
2	18	121.8724	0.0308	0.9953	132.167	13	3.19	
2	19	195.333	0.0081	1.0601	79.764	13	2.48	
2	22	87.7507	0.0416	0.7047	12.71	10	1.13	
2	44	86.8577	0.0383	0.0049	0.9142	7	0.36	
2	45	352.4679	0.0054	0.9783	23.0848	7	1.82	NC
2	46	81.8238	0.0295	0.857	5.9103	8	0.86	
2	47	78.461	0.031	0.6978	6.3109	9	0.84	
2	48	122.4686	0.0081	1.2485	2.458	8	0.55	
2	49	91.428	0.0157	1.0481	2.1117	7	0.55	
2	50	216.0875	0.0056	1.1223	14.7283	8	1.36	NC
2	51	164.6963	0.0049	1.2084	6.3085	8	0.89	NC
2	52	40.7941	0.07	0.7769	5.55	6	0.96	
3	2	101.3108	0.0609	0.2573	113.565	10	3.37	
3	14	154.8051	0.0223	0.5348	55.85	13	2.07	
3	20	107.5121	0.0514	0.2986	59.492	11	2.33	
3	23	80.7336	0.0536	0.2902	22.23	9	1.57	
3	26	96.8168	0.0279	0.4282	2.858	10	0.53	
3	31	60.7406	0.0342	0.5881	20.173	9	1.50	
3	39	150.8641	0.0061	1.1579	4.247	7	0.78	NC
4	4	244.5772	0.01	0.66	1132.93	18	7.93	

Estrato	Arbol	a	b	c	MSE	n	e	Observaciones
4	13	301.3859	0.0121	0.724	26.02	7	1.93	NC
4	15	182.6577	0.0074	0.8105	18.69	7	1.63	NC
4	25	747.9825	0.0064	0.7163	155.47	8	4.41	NC
4	27	279.5343	0.02	0.3856	252.65	16	3.97	
4	28	194.4854	0.0282	0.5813	95.57	15	2.52	
4	32	212.477	0.0262	0.6592	49.452	13	1.95	
4	33	127.5047	0.0306	0.4116	181.412	15	3.48	
4	36	353.2138	0.0058	0.7356	119.454	17	2.65	NC
4	37	376.0605	0.0038	0.7743	49.32	20	1.57	NC
4	38	367.4168	0.0055	0.706	126.341	16	2.81	NC
4	40	321.7321	0.0039	0.9746	55.79	11	2.25	NC
4	53	138.0101	0.0411	0.5749	33.594	12	1.67	
4	54	115.6043	0.0303	0.6138	36.48	12	1.74	
4	55	421.6606	0.0069	0.5848	379.783	19	4.47	NC
4	56	224.7668	0.0024	1.3308	34.59	11	1.77	NC

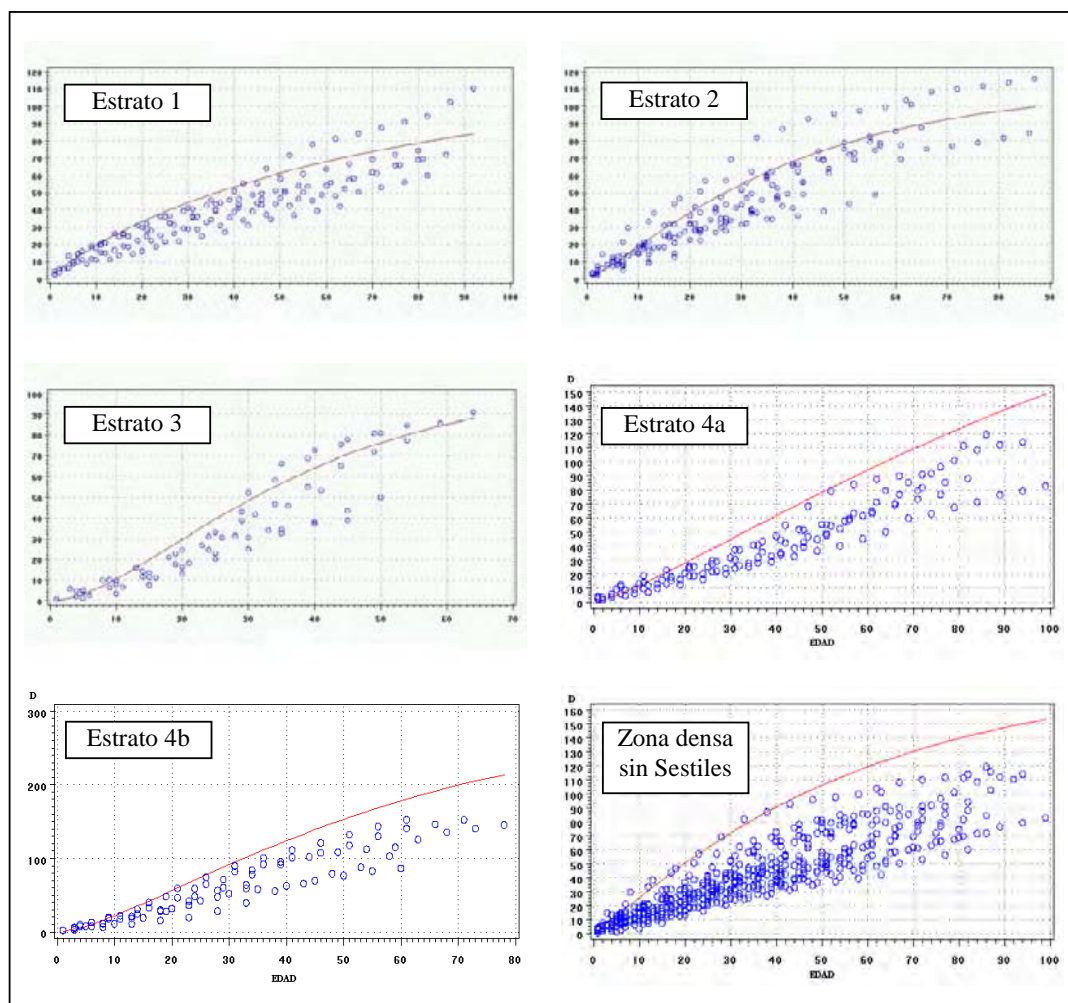


Figura 4.17. Representación gráfica de las curvas calculadas mediante los valores medios de los parámetros de las curvas ajustadas a los chirpiales individualmente junto con los valores observados para cada estrato.

Tabla 4.2. Valores medios de los parámetros de la función de Richards ajustados a cada chirpial estudiado. Donde, **a**, **b** y **c** son los parámetros de la función de Richards calculados, **n** es el rango, **e** el error cuadrático medio del modelo, y se señalan con NC los modelos que no cumplen las premisas de convergencia del mismo.

Estrato	a	b	c	n	e
E1	113.3842	0.0130	1.1976	14	9.57
E2	111.7703	0.0282	0.7884	10	7.08
E3	107.5404	0.0366	0.5079	10	10.25
E4a	304.62	0.0086	0.7722	15	24.56
E4b	296.52	0.0215	0.6332	9	22.81
ZONA DENSA SIN SESTILES	185.79	0.0186	0.8947	49	63.28

3. AJUSTE DEL MODELO DE RICHARDS POR EL MÉTODO DE LOS ÁRBOLES EXTENDIDOS.

ESTRATO 1

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable DA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	527871.31502	175957.10501		
Residual	197	18203.76844	92.40492		
Uncorrected Total	200	546075.08346			
(Corrected Total)	199	95177.67881			

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	129.5011213	49.380231251	32.118282618	226.88396006
B	0.0070414	0.005656083	0.001772014	0.01046950
C	1.2459306	0.193663210	0.864007060	1.62785416

Asymptotic Correlation Matrix				
Corr	A	B	C	
Corr	1			
A	1	-0.994361087	0.915137333	
B	-0.994361087	1	-0.951371399	
C	0.915137333	-0.951371399	1	

Figura 4.26. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado del diámetro de los chirpiales del Estrato 1 de la zona densa de la acebeda. Los datos utilizados para este ajuste son los valores predichos hasta los 100 años de edad mediante los modelos ajustados a cada chirpial (siempre que haya existido convergencia del modelo).

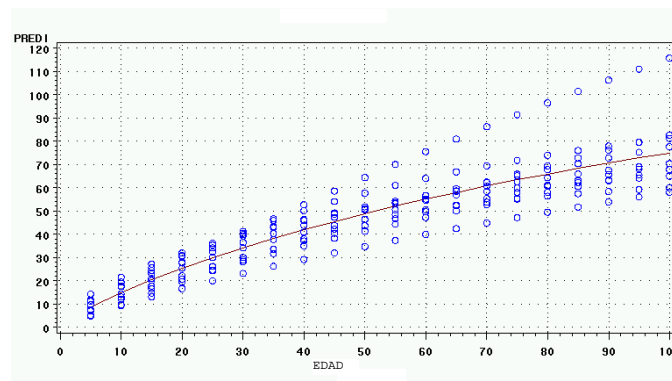


Figura 4.27. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos predichos por los modelos ajustados a cada chirpial de crecimiento diametral acumulado (mm) de los chirpiales en el Estrato 1 junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio respecto a los datos de partida es de 6,32 mm.

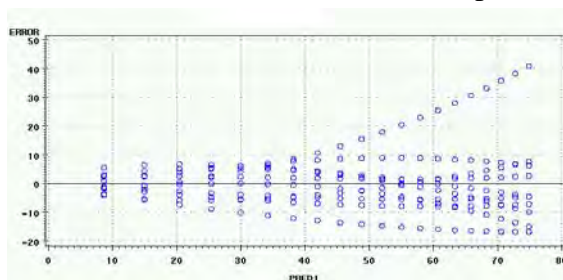


Figura 4.28. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichos por la misma (PREDI).

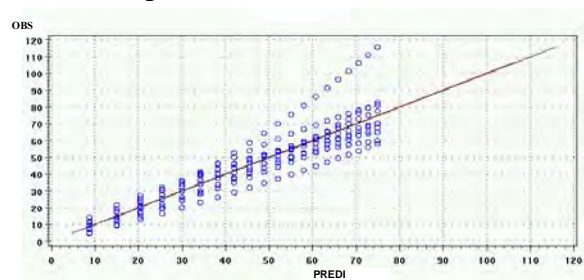


Figura 4.29. Representación gráfica de los diámetros observados (OBS) frente a los diámetros predichos por la curva ajustada (PREDI) para el Estrato 1.

ESTRATO 2

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable DA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	1549406.1232	516468.7077		
Residual	337	94500.5343	280.4170		
Uncorrected Total	340	1643906.6576			
(Corrected Total)	339	337813.1617			
Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval		
			Lower	Upper	
A	128.4201175	19.620424379	89.825639761	167.01459524	
B	0.0142840	0.005487830	0.003489157	0.02507890	
C	0.9873206	0.154979679	0.682466849	1.29217433	
Asymptotic Correlation Matrix					
Corr	A	B	C		
A	1	-0.982196811	0.8792859525		
B	-0.982196811	1	-0.948661057		
C	0.8792859525	-0.948661057	1		

Figura 4.30. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado del diámetro de los chirpiales del Estrato 2 de la zona densa de la acebeda. Los datos utilizados para este ajuste son los valores predichos mediante los modelos ajustados a cada chirpial (siempre que haya existido convergencia del modelo).

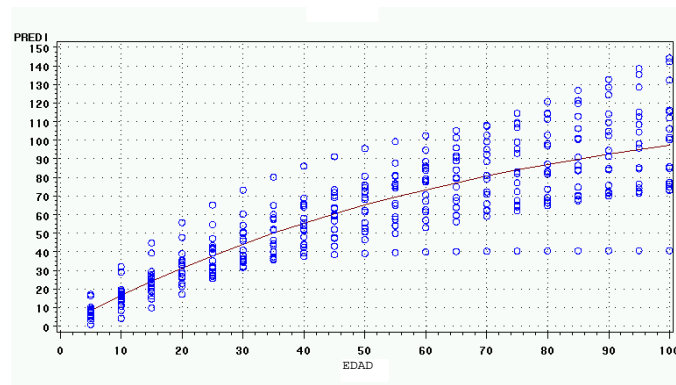


Figura 4.31. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos predichos por los modelos ajustados a cada chirpial de crecimiento diametral acumulado (mm) de los chirpiales en el Estrato 2 junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio respecto a los datos de partida es de 4,97 mm.

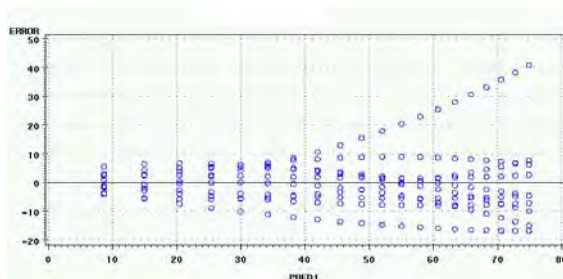


Figura 4.32. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichos por la misma (PREDI).

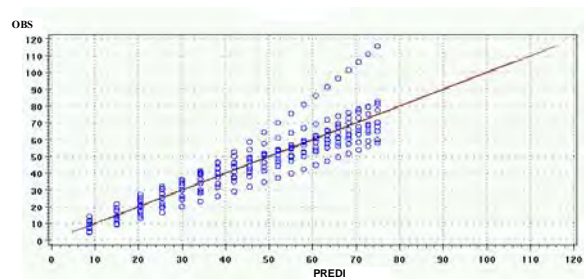


Figura 4.33. Representación gráfica de los diámetros observados (OBS) frente a los diámetros predichos por la curva ajustada (PREDI) para el Estrato 1.

ESTRATO 3

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable DA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	563301.19408	187767.06469		
Residual	137	30618.96133	223.49607		
Uncorrected Total	140	593920.15540			
(Corrected Total)	139	144121.53147			
Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval		
			Lower	Upper	
A	94.94839302	6.2482515288	82.592795625	107.30399042	
B	0.03573042	0.0082479181	0.019420580	0.05204025	
C	0.44887110	0.1165225727	0.218453678	0.67928852	
Asymptotic Correlation Matrix					
Corr		A	B	C	
A	1				
B	-0.905805336		1		
C	0.772580797	-0.952548667		1	

Figura 4.34. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado del diámetro de los chirpiales del Estrato 3 de la zona densa de la acebeda. Los datos utilizados para este ajuste son los valores predichos mediante los modelos ajustados a cada chirpial (siempre que haya existido convergencia del modelo).

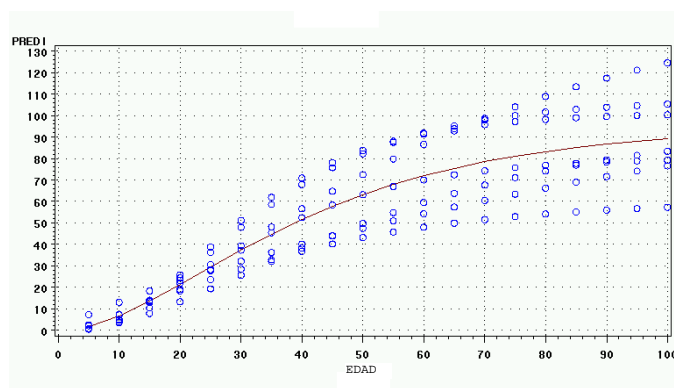


Figura 4.35. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos predichos por los modelos ajustados a cada chirpial de crecimiento diametral acumulado (mm) de los chirpiales en el Estrato 3 junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio respecto a los datos de partida es de 6,71 mm.

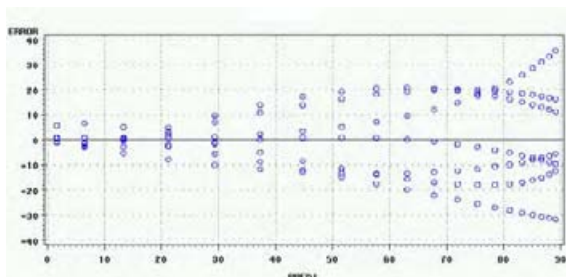


Figura 4.36.. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichos por la misma (PREDI).

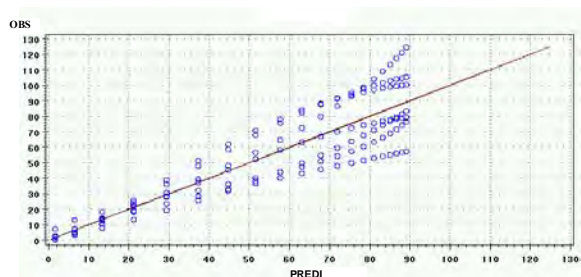


Figura 4.37.. Representación gráfica de los diámetros observados (OBS) frente a los diámetros predichos por la curva ajustada (PREDI) para el Estrato 3.

ESTRATO 4 A

The NLIN Procedure					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Approx Pr > F
Regression	3	643323	214441	1817.02	<.0001
Residual	157	18528.9	118.0		
Uncorrected Total	160	661851			
Corrected Total	159	182253			
Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval		
			Lower	Upper	
a	234.1	102.8	30.9685	437.2	
b	0.00816	0.00507	-0.00185	0.0182	
c	0.7329	0.1204	0.4952	0.9707	
Approximate Correlation Matrix					
	a	b	c		
a	1.0000000	-0.9942074	0.9357854		
b	-0.9942074	1.0000000	-0.9674465		
c	0.9357854	-0.9674465	1.0000000		

Figura 4.38. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado del diámetro de los chirpiales del Estrato 4 a de la zona densa de la acebeda. Los datos utilizados para este ajuste son los valores predichos mediante los modelos ajustados a cada chirpial (siempre que haya existido convergencia del modelo).

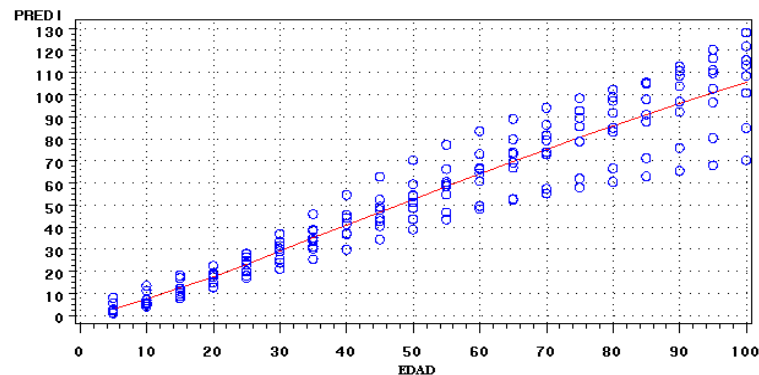


Figura 4.39. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos predichos por los modelos ajustados a cada chirpial de crecimiento diametral acumulado (mm) de los chirpiales en el Estrato 4 a junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio respecto a los datos de partida es de 8,77 mm.

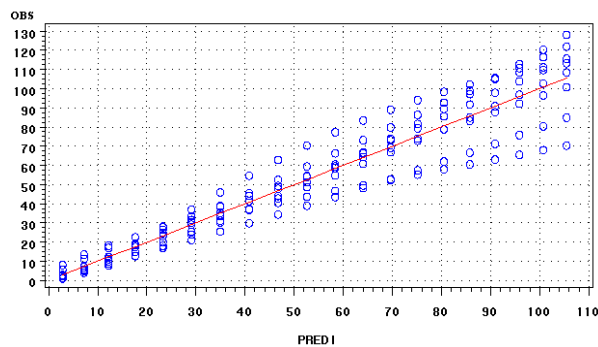


Figura 4.40. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichos por la misma (PREDI).

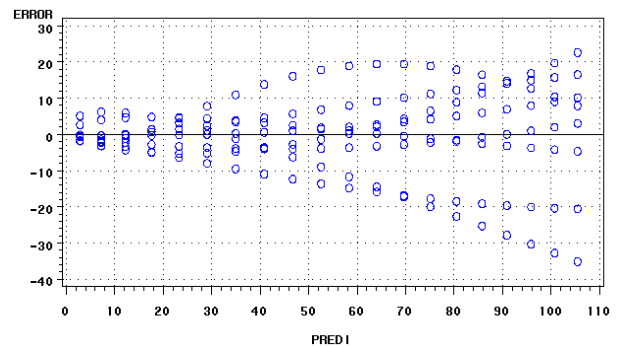


Figura 4.41. Representación gráfica de los diámetros observados (OBS) frente a los diámetros predichos por la curva ajustada (PREDI).

ESTRATO 4 B

The NLIN Procedure					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Approx Pr > F
Regression	3	2114745	704915	1238.03	<.0001
Residual	157	89393.7	569.4		
Uncorrected Total	160	2204139			
Corrected Total	159	547316			

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
a	239.7	41.7800	157.2	322.2
b	0.0166	0.00615	0.00446	0.0288
c	0.6895	0.1351	0.4226	0.9564

Approximate Correlation Matrix			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.9794690	0.8878745
b	-0.9794690	1.0000000	-0.9584216
c	0.8878745	-0.9584216	1.0000000

Figura 4.42. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado del diámetro de los chirpiales del Estrato 4b de la zona densa de la acebeda. Los datos utilizados para este ajuste son los valores predichos mediante los modelos ajustados a cada chirpial (siempre que haya existido convergencia del modelo).

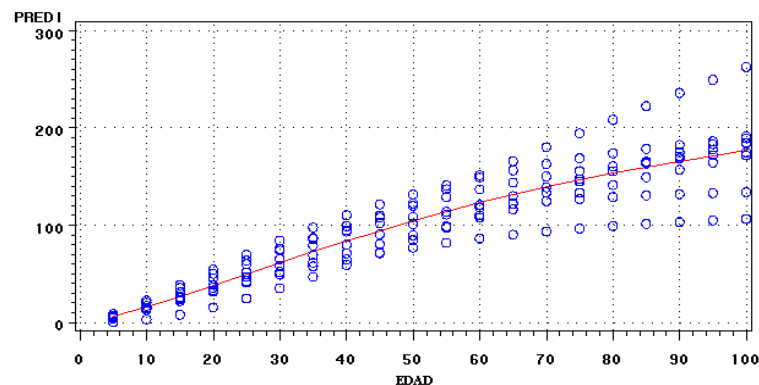


Figura 4.43. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento diametral acumulado (mm) de los chirpiales en el Estrato 4 b junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio cometido en este ajuste es de 16,53 mm.

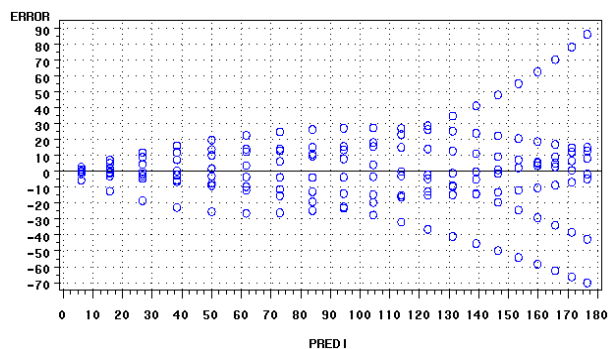


Figura 4.44. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichos por la misma (PREDI).

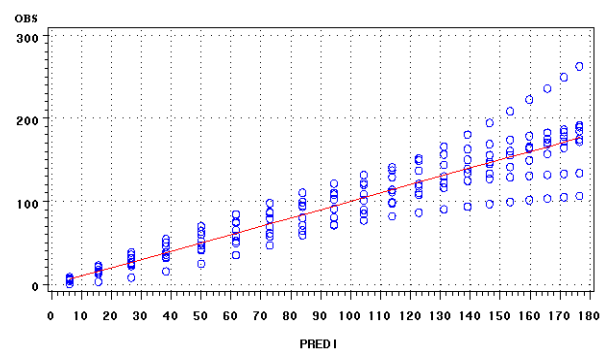


Figura 4.45. Representación gráfica de los diámetros observados (OBS) frente a los diámetros predichos por la curva ajustada (PREDI).

ESTRATOS 1, 2, 3 Y 4 A JUNTOS

The NLIN Procedure					
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Approx Pr > F
Regression	3	3238109	1079370	4350.86	<.0001
Residual	837	207644	248.1		
Uncorrected Total	840	3445753			
Corrected Total	839	786290			

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
a	127.3	13.9273	99.9470	154.6
b	0.0139	0.00344	0.00713	0.0206
c	0.8875	0.0908	0.7094	1.0657

Approximate Correlation Matrix			
	a	b	c
a	1.0000000	-0.9837662	0.8889117
b	-0.9837662	1.0000000	-0.9530346
c	0.8889117	-0.9530346	1.0000000

Figura 4.46. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado del diámetro de los chirpiales de la zona densa de la acebada, excepto los sestiles. Los datos utilizados para este ajuste son los valores predichos mediante los modelos ajustados a cada chirpial (siempre que haya existido convergencia del modelo).

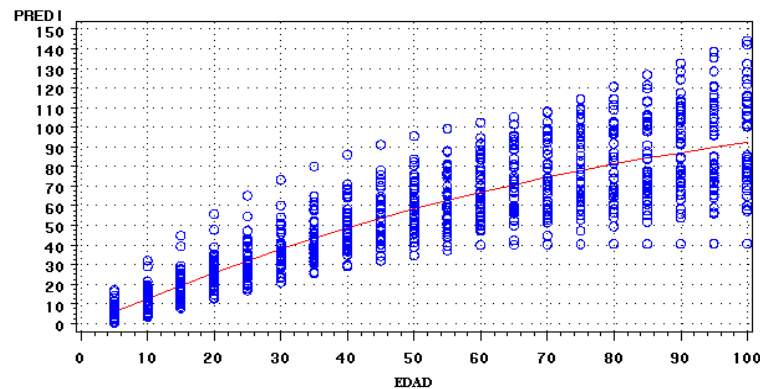


Figura 4.47. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento diametral acumulado (mm) de los chirpiales de la zona densa exceptuando los sestiles junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio cometido en este ajuste es de 14,25 mm.

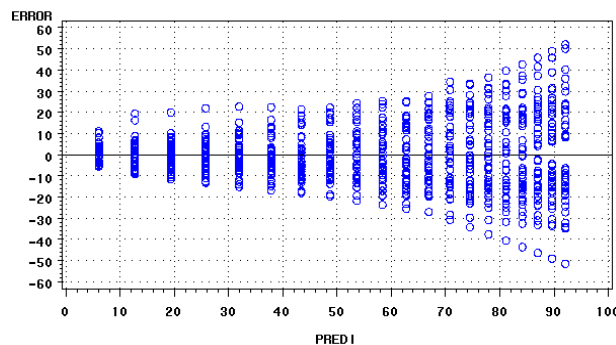


Figura 4.48. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichos por la misma (PREDI).

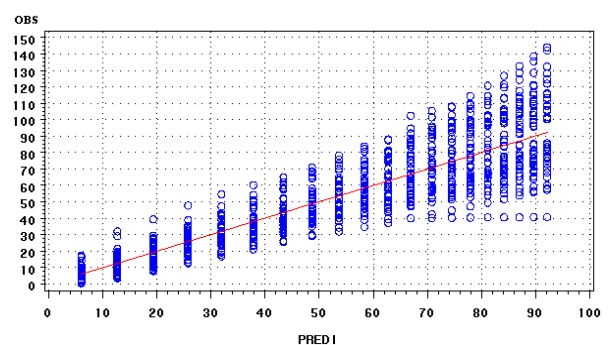


Figura 4.49. Representación gráfica de los diámetros observados (OBS) frente a los diámetros predichos por la curva ajustada (PREDI).

4.2.- Modelos de crecimiento en altura de los chirpiales de la zona densa.

1. AJUSTE DIRECTO DEL MODELO DE RICHARDS.

ESTRATO 1

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable HA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	488.01030810	162.67010270		
Residual	141	55.51089190	0.39369427		
Uncorrected Total	144	543.52120000			
(Corrected Total)	143	130.41557500			

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	3.063747906	0.56189155865	1.9529166591	4.1745791528
B	0.023328394	0.01048279120	0.0016290162	0.0450277717
C	1.107154885	0.32802154337	0.4586728529	1.7556369180

Asymptotic Correlation Matrix

Corr	A	B	C
A	1	-0.961617664	0.8125636401
B	-0.961617664	1	-0.930985851
C	0.8125636401	-0.930985851	1

Figura 4.50. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado en altura de los chirpiales del Estrato 1 de la zona densa de la acebeda.

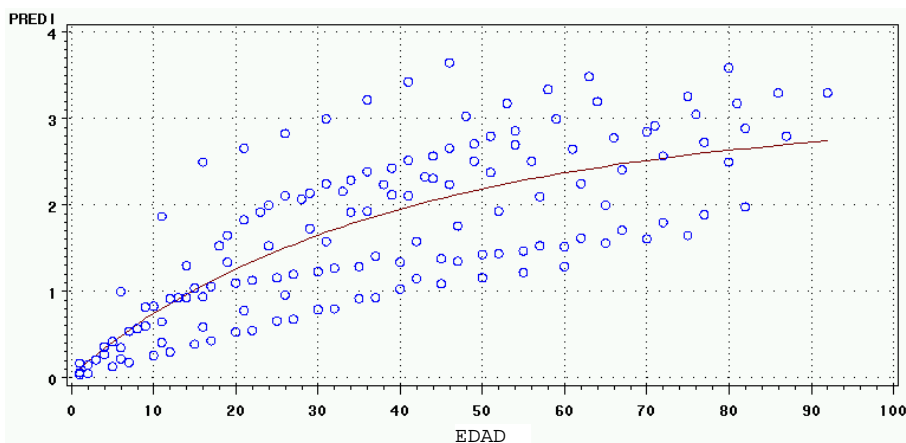


Figura 4.51. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento acumulado en altura (m) de los chirpiales en el Estrato 1 junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio cometido en este ajuste es de 0,21 m.

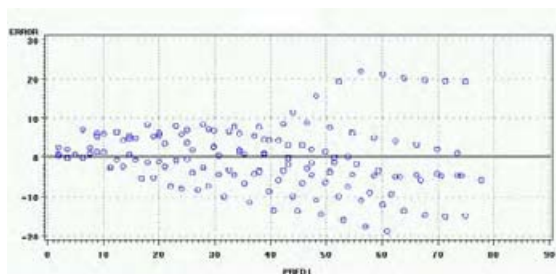


Figura 4.52. . Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichas por la misma (PREDI).

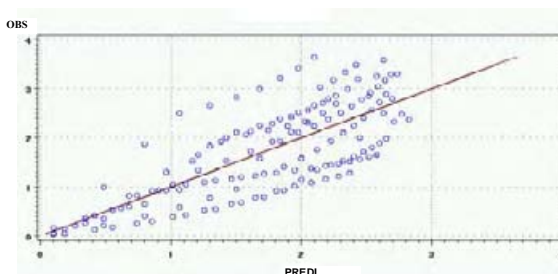


Figura 4.53. Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI) para el Estrato 1.

ESTRATO 2

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable HA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	1748.3802650	582.7934217		
Residual	173	75.9371350	0.4389430		
Uncorrected Total	176	1824.3174000			
(Corrected Total)	175	421.3089545			

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	5.030263294	0.24558532869	4.5455288506	5.5149977381
B	0.047252883	0.00835976494	0.0307524431	0.0637533234
C	0.697128109	0.10733829465	0.4852646042	0.9089916145

Asymptotic Correlation Matrix			
Corr	A	B	C
A	1	-0.880502828	0.6939864941
B	-0.880502828	1	-0.931204582
C	0.6939864941	-0.931204582	1

Figura 4.54. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado en altura de los chirpiales del Estrato 2 de la zona densa de la acebeda.

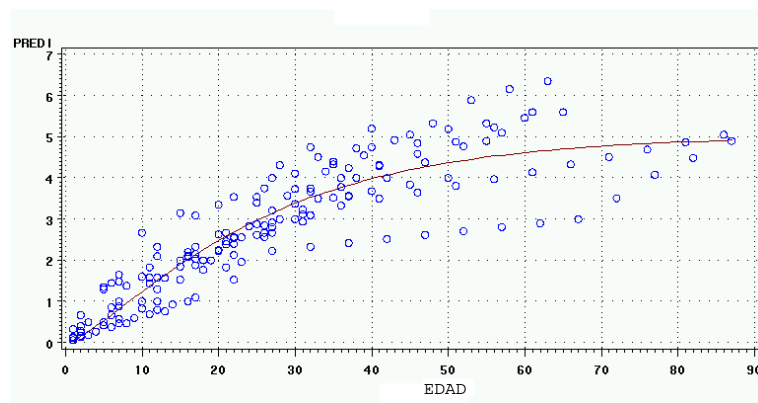


Figura 4.55. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento acumulado en altura (m) de los chirpiales en el Estrato 2 junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio cometido en este ajuste es de 0,15 m.

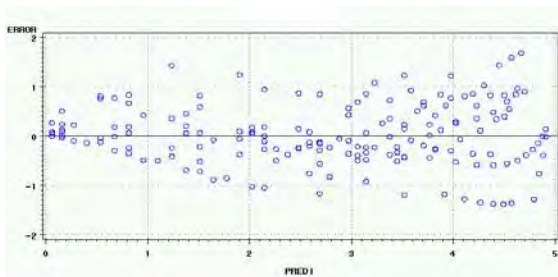


Figura 4.56. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichas por la misma (PREDI).

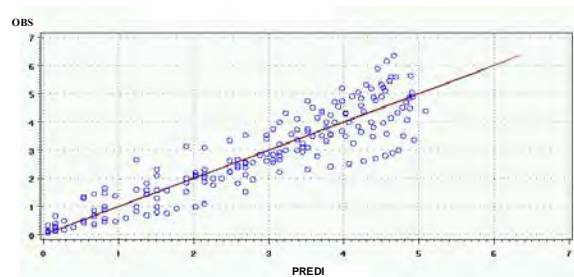


Figura 4.57. Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI) para el Estrato 2.

ESTRATO 3

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable HA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	1262.1100626	420.7033542		
Residual	66	60.6672374	0.9192006		
Uncorrected Total	69	1322.7773000			
(Corrected Total)	68	319.3367652			

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	7.335396251	0.92243199949	5.4936987384	9.1770937643
B	0.048310286	0.01729553520	0.0137785873	0.0828419853
C	0.589867808	0.17358648799	0.2432907126	0.9364449036

Asymptotic Correlation Matrix			
Corr	A	B	C
1	1		
A		-0.936973638	0.798543896
B	-0.936973638	1	-0.946886661
C	0.798543896	-0.946886661	1

Figura 4.58. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Marquadt al crecimiento acumulado en altura de los chirpiales del Estrato 3 de la zona densa de la acebeda.

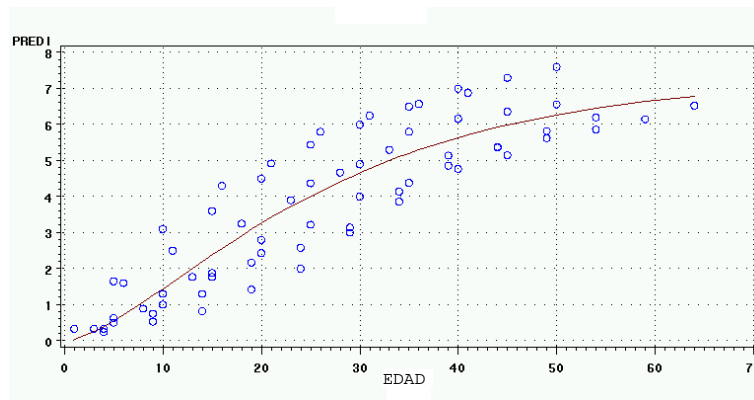


Figura 4.59. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento acumulado en altura (m) de los chirpiales en el Estrato 3 junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio cometido en este ajuste es de 0,32 m.

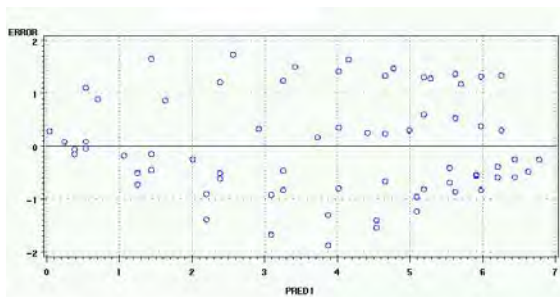


Figura 4.60. . Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichos por la misma (PREDI).

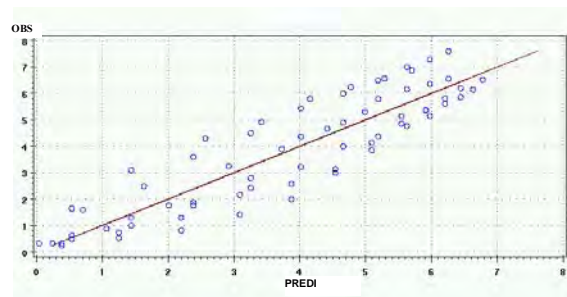


Figura 4.61. Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI) para el Estrato 3.

ESTRATO 4

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable HA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	3645.2699789	1215.0899930		
Residual	214	331.7802211	1.5503749		
Uncorrected Total	217	3977.0502000			
(Corrected Total)	216	1125.8608157			

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	7.539252375	0.87183220291	5.8207534824	9.2577512668
B	0.026500511	0.00852052222	0.0097054120	0.0432956096
C	0.761765449	0.15516405383	0.4559161657	1.0676147327

Asymptotic Correlation Matrix			
Corr	A	B	C
1	1		
A		-0.951223292	0.8113814286
B	-0.951223292	1	-0.941887558
C	0.8113814286	-0.941887558	1

Figura 4.62 Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado en altura de los chirpiales del Estrato 4 de la zona densa de la acebeda.

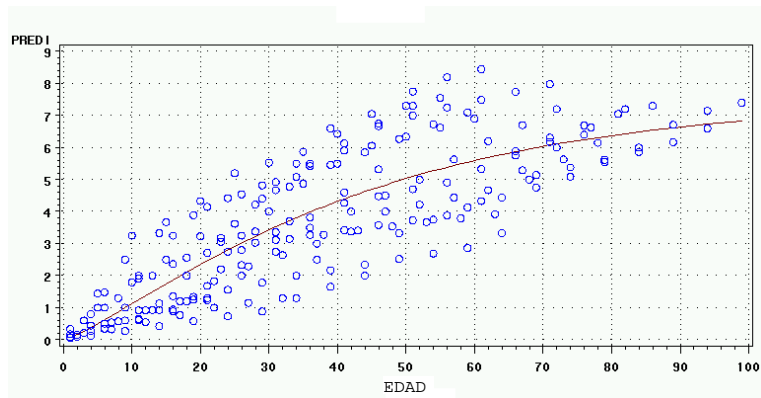


Figura 4.63. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento acumulado en altura (m) de los chirpiales en el Estrato 4 junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio cometido en este ajuste es de 0,31 m.

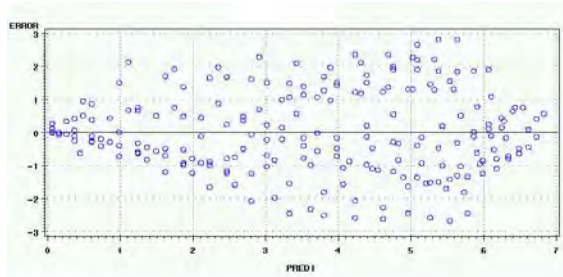


Figura 4.64. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichas por la misma (PREDI).

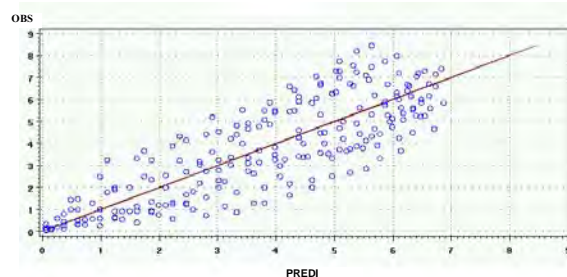


Figura 4.65. Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI) para el Estrato 4.

2. AJUSTE MEDIANTE LOS VALORES MEDIOS DEL MODELO DE RICHARDS.

Tabla 4.3. Resultados del ajuste de la función de Richards por regresión no lineal con el método iterativo de Mardquart a cada uno de los chirpiales estudiados en la zona densa del acebal. Donde, **a**, **b** y **c** son los parámetros de la función de Richards calculados, **MSE** es la suma de cuadrados medios del modelo, **n** es el rango, **e** el error cuadrático medio del modelo, y se señalan con NC los modelos que no cumplen las premisas de convergencia del mismo.

Estrato	Arbol	a	b	c	MSE	n	e	Observaciones
1	3	15	0.0086	0.45	1.66517	16	32.26	
1	5	6.6294	0.011	1.0989	0.33618	13	16.08	
1	8	2.8095	0.007	2.0002	0.59573	16	19.30	
1	11	13.7136	0.0015	1.3384	0.20228	17	10.91	NC
1	16	10.95	0.0048	0.7303	0.85378	19	21.20	
1	21	4.2151	0.0186	0.9882	0.01939	11	4.20	
1	30	3.7264	0.0606	0.9827	0.12895	10	11.36	
1	41	2.8589	0.0814	0.3615	0.14483	11	11.47	
1	42	3.6419	0.0328	0.4997	0.17252	18	9.79	
1	43	3.5846	0.0301	1.0244	0.06396	13	7.01	
2	1	7.2767	0.0064	1.4714	2.57118	18	37.79	
2	7	6.043	0.0165	1.3081	0.19659	18	10.45	
2	10	14.0489	0.0033	1.5775	0.49946	11	21.31	
2	12	12.6722	0.0051	1.4374	0.44977	12	19.36	
2	17	7.9191	0.0124	1.7631	0.4798	13	19.21	
2	18	8.5547	0.0266	0.728	2.32738	13	42.31	
2	19	13.9689	0.0075	1.0961	0.37884	13	17.07	
2	22	8.3007	0.0331	0.4603	0.08906	10	9.44	
2	44	12.3688	0.0098	1.3323	0.04895	7	8.36	
2	45	5.7884	0.0646	0.4223	0.08679	7	11.13	
2	46	8.328	0.0272	0.6652	0.17249	8	14.68	
2	47	9.1442	0.0249	0.5352	0.23875	9	16.29	
2	48	4.8826	0.0105	0.3287	0.17246	8	14.68	
2	49	15	0.0092	0.9604	0.11969	7	13.08	
2	50	6.0934	0.063	0.32	0.12521	8	12.51	
2	51	11.4401	0.0221	0.6176	0.58251	8	26.98	
2	52	3.454	0.011	0.661	0.7578	6	35.54	
3	2	10.1734	0.0251	1.1869	0.1557	10	12.48	
3	14	7.0273	0.0617	0.2323	0.59838	13	21.45	
3	20	11.6825	0.0211	0.6284	0.27408	11	15.78	
3	23	7.662	0.0655	0.6786	0.27326	9	17.42	
3	26	7.5662	0.0615	0.3996	0.54884	10	23.43	
3	31	6.8684	0.0429	0.5509	0.06407	9	8.44	
3	39	6.9677	0.0661	0.4351	0.13007	7	13.63	
4	4	15	0.0088	0.8161	3.01118	18	40.90	
4	13	4.3534	0.1048	0.2207	0.19527	7	16.70	

Estrato	Arbol	a	b	c	MSE	n	e	Observaciones
4	15	11.8872	0.0172	0.8975	0.15431	7	14.85	
4	25	12.542	0.0469	0.2716	1.20336	8	38.78	
4	27	13.0101	0.0071	0.9985	2.64699	16	40.67	
4	28	10.0804	0.0392	0.3138	1.34304	15	29.92	
4	32	11.5666	0.0211	0.9284	1.33823	13	32.08	
4	33	15	0.014	0.607	0.34246	15	15.11	
4	36	15	0.0143	0.4899	1.39059	17	28.60	
4	37	11.8714	0.0186	0.3638	1.00854	20	22.46	
4	38	7.5858	0.0336	0.4378	0.53292	16	18.25	
4	40	9.2209	0.0286	1.1238	0.76626	11	26.39	
4	53	9.4987	0.0178	1.3396	0.55144	12	21.44	
4	54	13.8526	0.01	1.1674	0.43625	12	19.07	
4	55	15	0.0086	0.6695	4.20339	19	47.04	
4	56	10.9418	0.0273	0.6629	1.21975	11	33.30	

Tabla 4.4. Valores medios de los parámetros de la función de Richards ajustados a cada chirpial estudiado. Donde, **a**, **b** y **c** son los parámetros de la función de Richards calculados, **e** el error cuadrático medio del modelo, y se señalan con NC los modelos que no cumplen las premisas de convergencia del mismo.

Estrato	a	b	c	n	e	Observaciones
Estrato 1	5.9351	0.0256	0.9474	14	0.54	
Estrato 2	9.1343	0.031	0.9253	10	0.47	
Estrato 3	8.2782	0.0491	0.5874	10	0.39	
Estrato 4	11.6011	0.0271	0.6988	13	0.55	

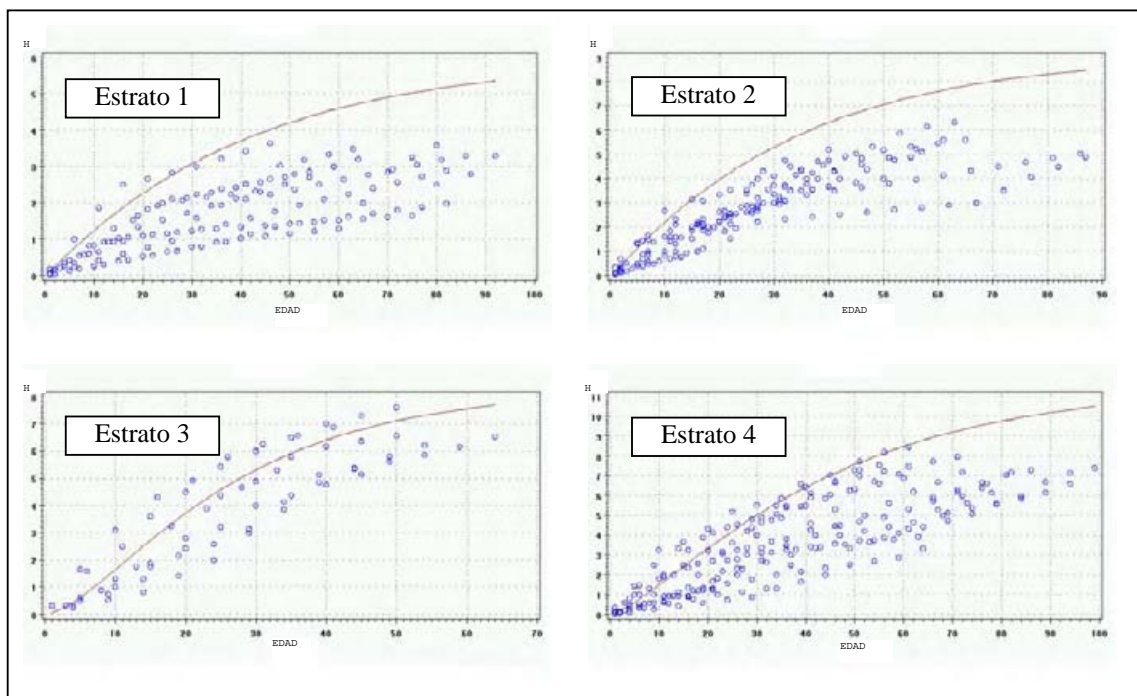


Figura 4.66. Representación gráfica de las curvas calculadas para la altura (m) de los chirpiales de la zona densa de las acebedas mediante los valores medios de los parámetros de las curvas ajustadas a los chirpiales individualmente junto con los valores observados.

3. AJUSTE DEL MODELO DE RICHARDS POR EL MÉTODO DE LOS ÁRBOLES EXTENDIDOS.

ESTRATO 1

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable HA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	1137.3132661	379.1044220		
Residual	197	83.8354931	0.4255609		
Uncorrected Total	200	1221.1487592			
(Corrected Total)	199	243.6976000			

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	4.408907020	0.99611958535	2.4444578775	6.3733561620
B	0.013594566	0.00318832252	0.0069947383	0.0201943936
C	1.104752772	0.25031204459	0.6111119600	1.5983935846

Asymptotic Correlation Matrix

Corr	A	B	C
ff			
A	1	-0.98315402	0.8773165879
B	-0.98315402	1	-0.94572583
C	0.8773165879	-0.94572583	1

Figura 4.67. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado en altura de los chirpiales del Estrato 1 de la zona densa de la acebeda. Los datos utilizados para este ajuste son los valores predichas hasta los 100 años de edad mediante los modelos ajustados a cada chirpial (siempre que haya existido convergencia del modelo).

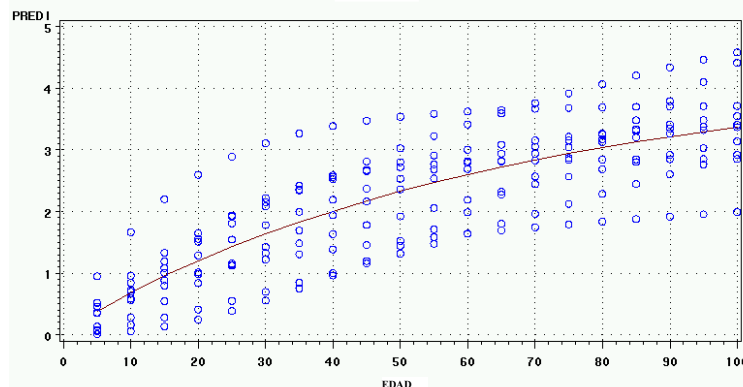


Figura 4.68. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos predichos por los modelos ajustados al crecimiento en altura acumulado (m) de los chirpiales en el Estrato 1 junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cometido en el ajuste respecto a los datos de partida es de 0,21 m.

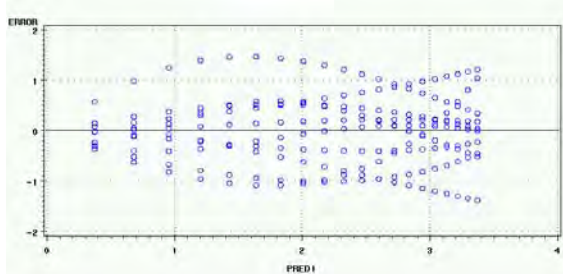


Figura 4.69. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichas por la misma (PREDI).

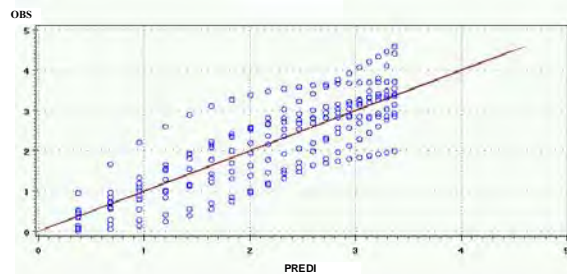


Figura 4.70. Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI).

ESTRATO 2

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable HA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	8043.2557076	2681.0852359		
Residual	337	345.9982832	1.0267011		
Uncorrected Total	340	8389.2539907			
(Corrected Total)	339	1502.5500123			

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	7.709189754	0.52962261708	6.6673922932	8.7509872156
B	0.021542263	0.00476614809	0.0121669821	0.0309175445
C	0.896282633	0.11985201546	0.6605269809	1.1320382850

Asymptotic Correlation Matrix			
Corr	A	B	C
ff			
A	1	-0.960976569	0.831168632
B	-0.960976569	1	-0.942366609
C	0.831168632	-0.942366609	1

Figura 4.71. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado en altura de los chirpiales del Estrato 2 de la zona densa de la acebeda. Los datos utilizados para este ajuste son los valores predichas mediante los modelos ajustados a cada chirpial (siempre que haya existido convergencia del modelo).

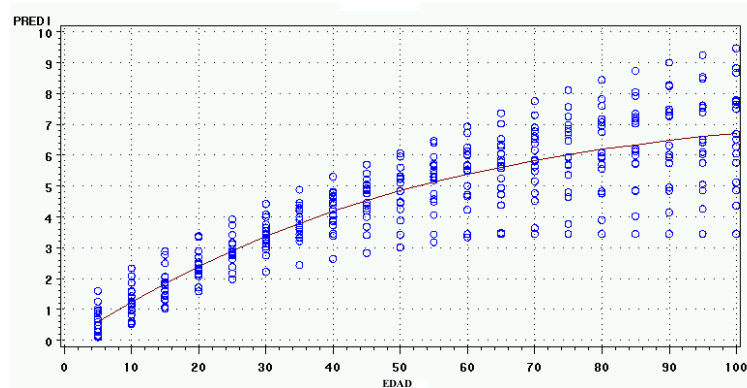


Figura 4.72. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos predichas por los modelos ajustados al crecimiento acumulado en altura (m) de los chirpiales en el Estrato 2 junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cometido en el ajuste respecto a los datos de partida es de 0,17 m.

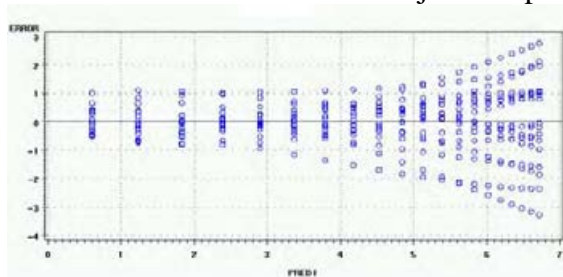


Figura 4.73. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichas por la misma (PREDI).

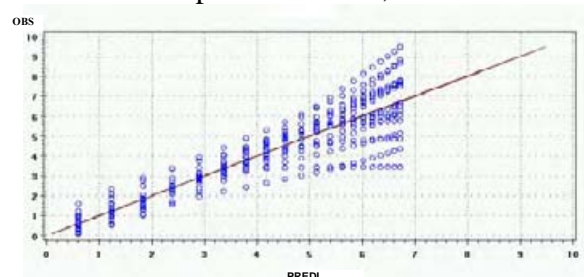


Figura 4.74. . Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI) para el Estrato 2.

ESTRATO 3

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable HA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	5721.9618466	1907.3206155		
Residual	137	118.0508612	0.8616851		
Uncorrected Total	140	5840.0127078			
(Corrected Total)	139	785.2399749			

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval	
			Lower	Upper
A	8.405785555	0.27969629780	7.8527004508	8.9588706596
B	0.037115412	0.00612589335	0.0250017718	0.0492290525
C	0.767373459	0.11941289432	0.5312405766	1.0035063423

Asymptotic Correlation Matrix

Corr	A	B	C
A	1	-0.877409275	0.7060092103
B	-0.877409275	1	-0.931683478
C	0.7060092103	-0.931683478	1

Figura 4.75. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Marquadt al crecimiento acumulado en altura de los chirpiales del Estrato 3 de la zona densa de la acebeda. Los datos utilizados para este ajuste son los valores predichas mediante los modelos ajustados a cada chirpial (siempre que haya existido convergencia del modelo).

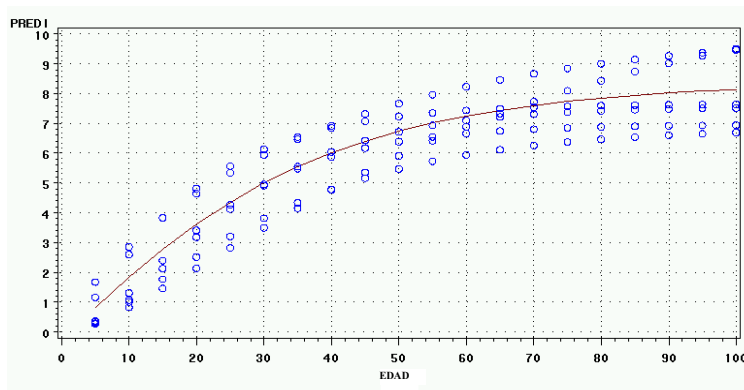


Figura 4.76. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos predichas por los modelos ajustados al crecimiento en altura acumulado (m) de los chirpiales en el Estrato 3 junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cometido en el ajuste respecto a los datos de partida es de 0,35 m.

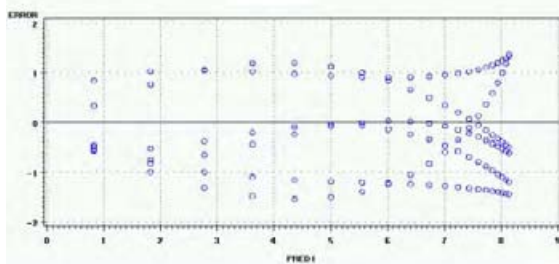


Figura 4.77. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichas por la misma (PREDI).

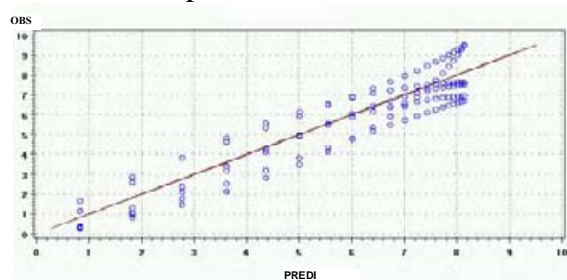


Figura 4.78. Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI) para el Estrato 3.

ESTRATO 4

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable HA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	10547.589477	3515.863159		
Residual	317	741.528769	2.339523		
Uncorrected Total	320	11289.218246			
(Corrected Total)	319	2712.351676			

Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval
			Lower Upper
A	10.50435148	1.2739823444	7.9977872616 13.010915703
B	0.01892388	0.0057818838	0.0075480019 0.030299750
C	0.74827111	0.1319669289	0.4886257660 1.007916451

Asymptotic Correlation Matrix			
Corr	A	B	C
A	1		
B	-0.972236982	1	
C	0.865317979	-0.952451496	1

Figura 4.79. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado en altura de los chirpiales del Estrato 4 de la zona densa de la acebada. Los datos utilizados para este ajuste son los valores predichas mediante los modelos ajustados a cada chirpial (siempre que haya existido convergencia del modelo).

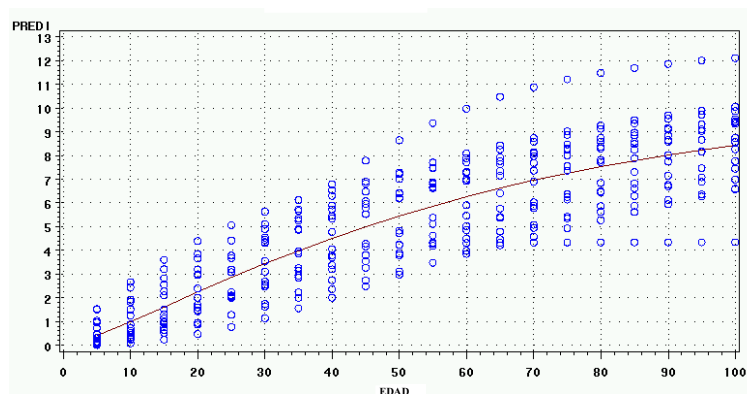


Figura 4.80. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos predichos por los modelos ajustados al crecimiento acumulado en altura (m) de los chirpiales en el Estrato 4 junto con los datos utilizados para su ajuste.

El error cometido en el ajuste respecto a los datos de partida es de 0,33 m.

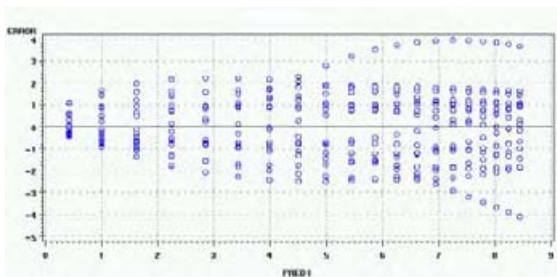


Figura 4.81. . Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichos por la misma (PREDI).

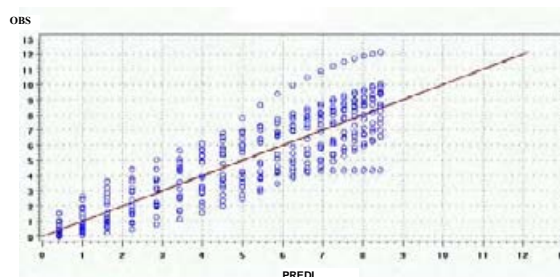


Figura 4.82. . Representación gráfica de las alturas observadas (OBS) frente a las alturas predichas por la curva ajustada (PREDI) para el Estrato 4.

4.3.- Modelos de crecimiento en diámetro de los chirpiales de la zona adhesionada.

1. AJUSTE DIRECTO DEL MODELO DE RICHARDS.

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable DA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	10030769.462	3343589.821		
Residual	2232	1430250.090	640.793		
Uncorrected Total	2235	11461019.552			
(Corrected Total)	2234	5504865.980			
Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval		
			Lower	Upper	
A	388.8525720	80.261250548	231.45527241	546.24987167	
B	0.0064482	0.001894456	0.00273307	0.01016336	
C	0.8787705	0.044982428	0.79055719	0.96698386	
Asymptotic Correlation Matrix					
Corr	A	B	C		
1	1				
A		-0.993476754	0.906057568		
B			1		
C				1	

Figura 4.83. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Marquadt al crecimiento acumulado del diámetro de los chirpiales de las cepas de la zona adhesionada de la acebada.

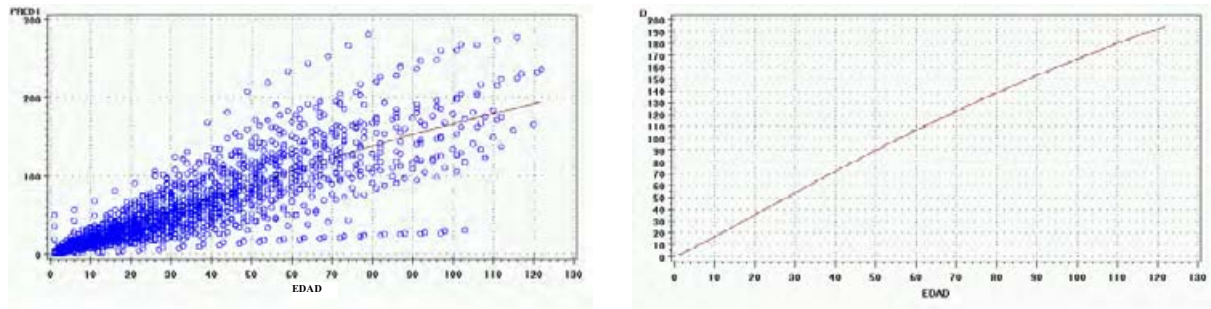


Figura 4.84. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos de crecimiento diametral acumulado (mm) de los chirpiales de las cepas de la zona adhesionada de la acebada con y sin los datos utilizados para su ajuste.

El error cuadrático medio que se ha cometido en este ajuste es de 25,3 mm.

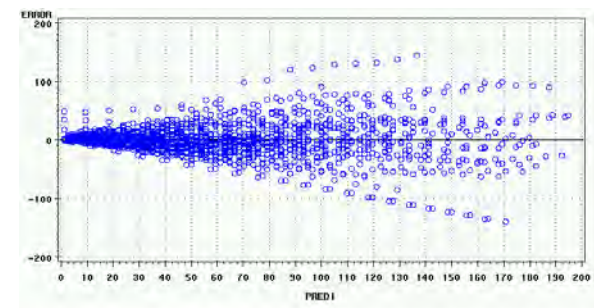


Figura 4.84. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichos por la misma (PREDI).

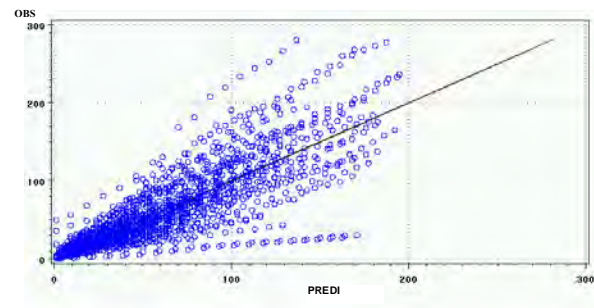


Figura 4.85. Representación gráfica de los diámetros observados (OBS) frente a los diámetros predichos por la curva ajustada (PREDI) para los troncos de acebo de las cepas de la zona adhesionada.

2. AJUSTE MEDIANTE LOS VALORES MEDIOS DEL MODELO DE RICHARDS.

Parámetros	Valor medio
a	182,7127
b	0,036
c	0,6813

Tabla 4.5. Valores medios de los parámetros de la función de Richards ajustados a cada chirpial estudiado (Se consideran solamente aquellos árboles en los que el ajuste converge).

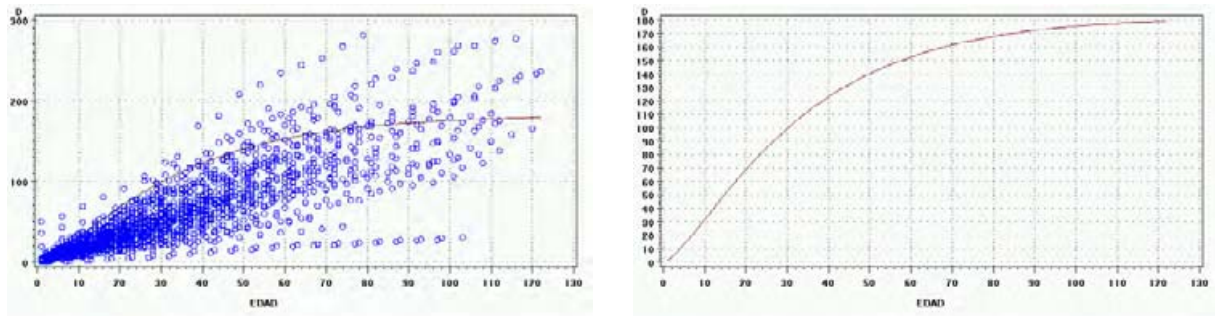


Figura 4.86. Representación gráfica de las curvas calculadas mediante los valores medios de los parámetros de las curvas ajustadas a los chirpiales junto con los valores observados.

El error medio cuadrático que se comete en este ajuste es de 83,3 mm.

3. AJUSTE DEL MODELO DE RICHARDS POR EL MÉTODO DE LOS ÁRBOLES EXTENDIDOS.

Non-Linear Least Squares Summary Statistics				Dependent Variable DA	
Source	DF	Sum of Squares	Mean Square		
Regression	3	26774555.040	8924851.680		
Residual	2519	5351686.326	2124.528		
Uncorrected Total	2522	32126241.366			
(Corrected Total)	2521	10454094.398			
Parameter	Estimate	Asymptotic Std. Error	Asymptotic 95 % Confidence Interval		
			Lower	Upper	
A	154.7599566	5.3592608679	144.25076192	165.26915136	
B	0.0240211	0.0030562877	0.01802790	0.03001430	
C	0.6840490	0.0744240676	0.53810783	0.82999025	
Asymptotic Correlation Matrix					
Corr	A	B	C		
ff					
A	1	-0.927018003	0.7825129569		
B	-0.927018003	1	-0.942500266		
C	0.7825129569	-0.942500266	1		

Figura 4.87. Resultados del ajuste de la función de crecimiento de Richards mediante regresión no lineal por el procedimiento iterativo de Mardquart al crecimiento acumulado del diámetro de los chirpiales de las cepas de la zona adhesada de la acebada. Los datos utilizados para este ajuste son los valores predichos hasta los 100 años de edad mediante los modelos ajustados a cada chirpial (siempre que haya existido convergencia del modelo).

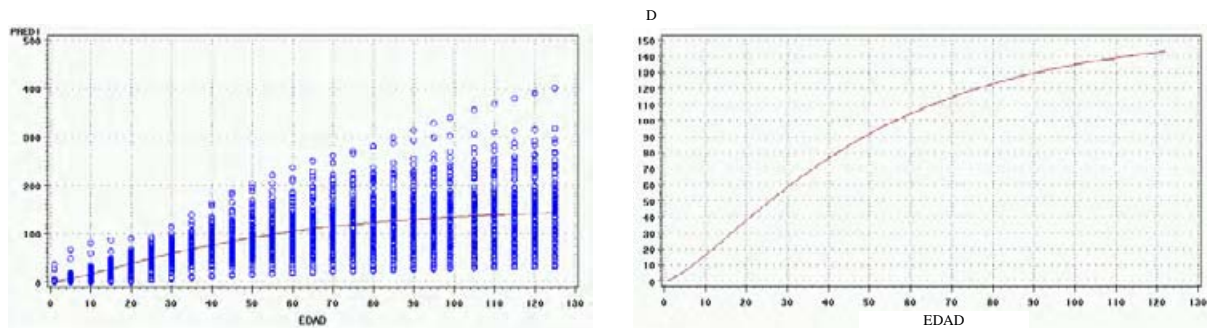


Figura 4.88. Representación gráfica de la curva ajustada a los datos predichos por los modelos ajustados a cada árbol de crecimiento diametral acumulado (mm) de los chirpiales de las cepas de la zona adhesada, con y sin de los datos utilizados para su ajuste.

El error medio cuadrático es de 18,7 mm respecto a los datos de partida.

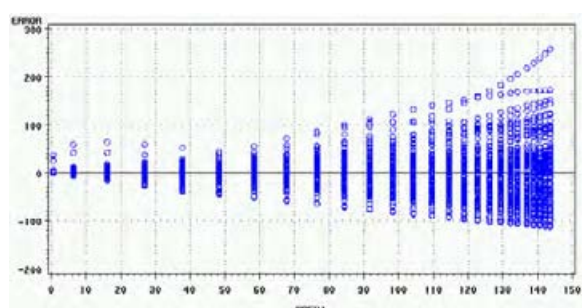


Figura 4.89. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior (ERROR) frente a los valores predichos por la misma (PREDI).

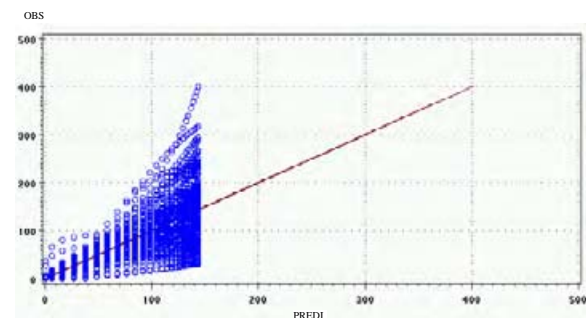


Figura 4.90. Representación gráfica de los diámetros observados (OBS) frente a los diámetros predichos por la curva ajustada (PREDI) para los troncos de acebo de las cepas de la zona adhesada.

ANEXO 5.

Biomasa.

5.2. Modelos de biomasa seleccionados para los chirpiales.

Biomasa Total

ESTRATO 1

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	143.945	3	47.9816	489.81	0.0000
Residual	9.89395	101	0.0979599		
Total (Corr.)	153.839	104			
R-squared = 93.5686 percent					
R-squared (adjusted for d.f.) = 93.3776 percent					
Standard Error of Est. = 0.312985					
Mean absolute error = 0.237651					
Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value	
CONSTANT	-1.0534	0.178979	-5.88563	0.0000	
d	0.950619	0.0879779	10.8052	0.0000	
d^2	-0.0650958	0.0123546	-5.26897	0.0000	
d^3	0.0018662	0.000506705	3.68301	0.0004	

Figura 5.1. Resultados del ajuste por regresión lineal del modelo $\ln(pv) = a + b \cdot d + c \cdot d^2 + e \cdot d^3$ a los datos de biomasa total de los árboles de acebo del estrato 1 de la zona densa de la acebeda. Los datos del diámetro normal de los árboles (d) están en cm y el logaritmo del peso verde ($\ln(pv)$) se obtiene en log (kg).

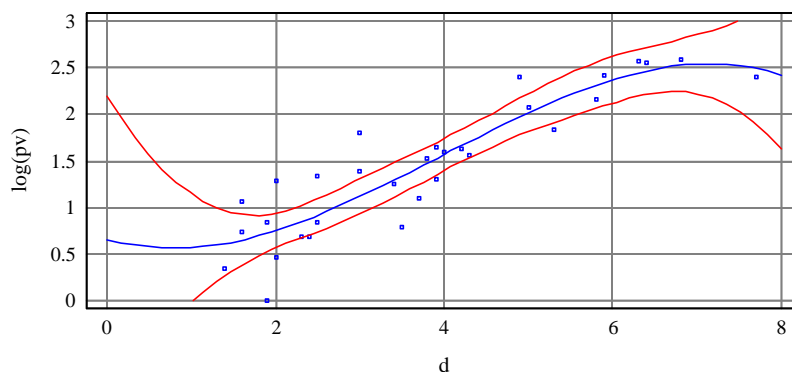


Figura 5.2. Curva de estimación de la biomasa total de los árboles de acebo del estrato 1 de la zona densa de la acebeda (línea continua) en función del diámetro normal (d) en cm, junto con los datos con los que se ha obtenido la curva. Las líneas de trazos representan el intervalo de confianza de la media al 95%.

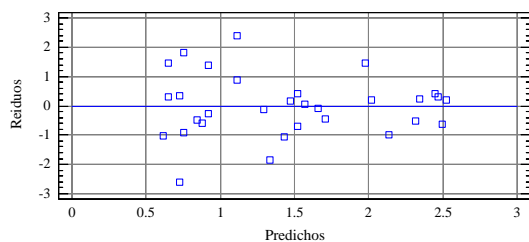


Figura 5.3. Representación gráfica de los valores de la biomasa observados frente a los predichos por la curva ajustada (en unidades logarítmicas).

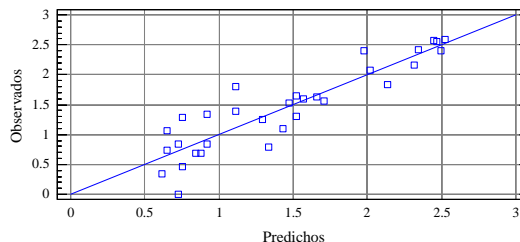


Figura 5.4. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior frente a los valores predichos por la misma (en unidades logarítmicas).

ESTRATOS 2, 3 Y 4.

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	101.832	3	33.9439	699.58	0.0000
Residual	3.39643	70	0.0485205		
Total (Corr.)	105.228	73			
R-squared = 96.7723 percent					
R-squared (adjusted for d.f.) = 96.634 percent					
Standard Error of Est. = 0.220274					
Mean absolute error = 0.170053					
Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value	
CONSTANT	-1.62297	0.165659	-9.79707	0.0000	
d	1.23659	0.0752264	16.4382	0.0000	
d^2	-0.0999297	0.0100106	-9.98238	0.0000	
d^3	0.00307289	0.000395721	7.76529	0.0000	

Figura 5.5. Resultados del ajuste por regresión lineal del modelo $\ln(pv) = a + b \cdot d + c \cdot d^2 + e \cdot d^3$ a los datos de biomasa total de los árboles de acebo de los estratos 2, 3 y 4 de la zona densa de la acebeda. Los datos del diámetro normal de los árboles (d) están en cm y el logaritmo del peso verde ($\ln(pv)$) se obtiene en log (kg).

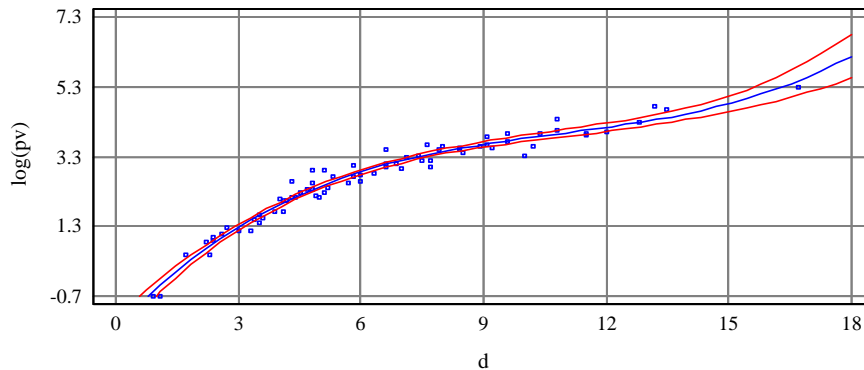


Figura 5.6. Curva de estimación de la biomasa total de los árboles de acebo de los estratos 2, 3 y 4 de la zona densa de la acebeda (línea continua) en función del diámetro normal (d) en cm, junto con los datos con los que se ha obtenido la curva. Las líneas de trazos representan el intervalo de confianza de la media al 95%.

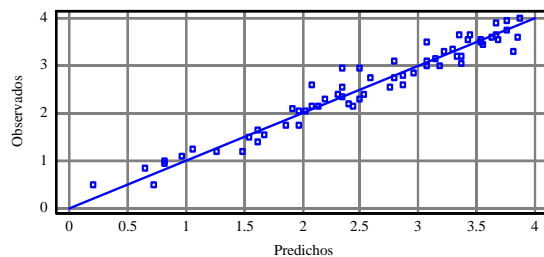


Figura 5.7. Representación gráfica de los valores de la biomasa observados frente a los predichos por la curva ajustada (en unidades logarítmicas).

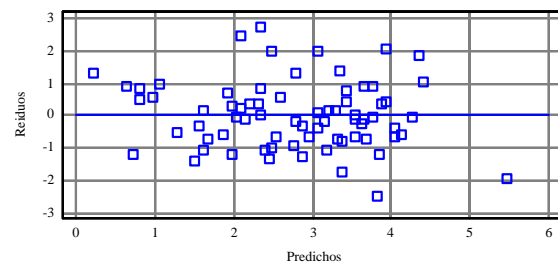


Figura 5.8. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior frente a los valores predichos por la misma (en unidades logarítmicas).

ZONA ADEHESADA.

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	262.748	3	87.5825	1060.98	0.0000
Residual	14.1984	172	0.0825486		
Total (Corr.)	276.946	175			
R-squared = 94.8732 percent					
R-squared (adjusted for d.f.) = 94.7838 percent					
Standard Error of Est. = 0.287313					
Mean absolute error = 0.226968					
Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value	
CONSTANT	0.221148	0.0885712	2.49684	0.0135	
d	0.551677	0.0290868	18.9666	0.0000	
d^2	-0.0204764	0.00243283	-8.41668	0.0000	
d^3	0.000261822	0.000055326	4.73236	0.0000	

Figura 5.9. Resultados del ajuste por regresión lineal del modelo $\ln(pv) = a + b \cdot d + c \cdot d^2 + e \cdot d^3$ a los datos de biomasa total de los árboles de acebo de la zona adhesada de la acebeda. Los datos del diámetro normal de los árboles (d) están en cm y el logaritmo del peso verde ($\ln(pv)$) se obtiene en log (kg).

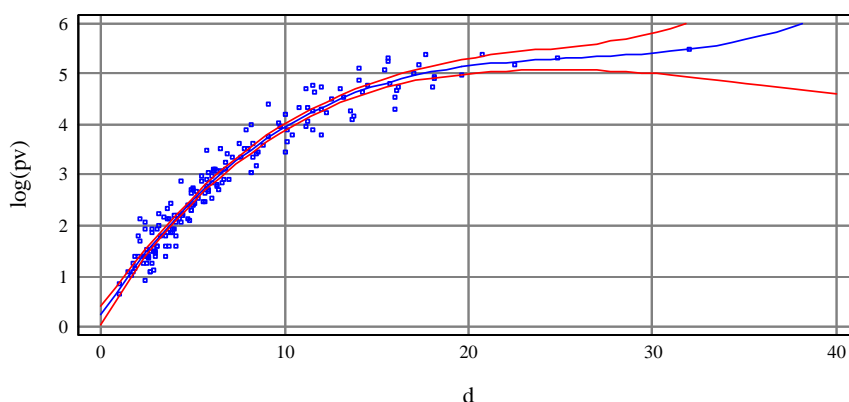


Figura 5.10. Curva de estimación de la biomasa total de los árboles de acebo de la zona adhesada de la acebeda (línea continua) en función del diámetro normal (d) en cm, junto con los datos con los que se ha obtenido la curva. Las líneas de trazos representan el intervalo de confianza de la media al 95%.

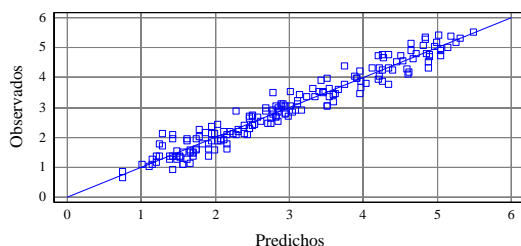


Figura 5.11. Representación gráfica de los valores de la biomasa observados frente a los predichos por la curva ajustada (en unidades logarítmicas).

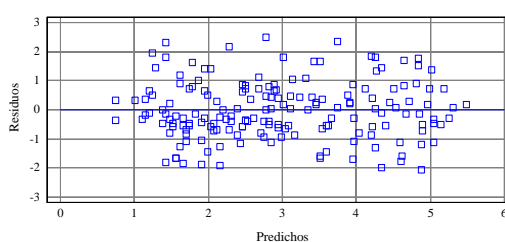


Figura 5.12. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior frente a los valores predichas por la misma (en unidades logarítmicas).

Leña Gruesa.

ESTRATOS 2, 3 Y 4.

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	16.872	4	4.218	153.98	0.0000
Residual	0.766993	28	0.0273926		
Total (Corr.)	17.639	32			
R-squared = 95.6517 percent					
R-squared (adjusted for d.f.) = 95.0305 percent					
Standard Error of Est. = 0.165507					
Mean absolute error = 0.129755					
Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value	
CONSTANT	-7.88849	1.73579	-4.54462	0.0001	
d^2	-0.159324	0.0458984	-3.47124	0.0017	
h	0.190947	0.032244	5.92195	0.0000	
d^3	0.00407869	0.00135181	3.0172	0.0054	
d	2.18332	0.498508	4.3797	0.0002	

Figura 5.13. Resultados del ajuste por regresión lineal del modelo $\ln(pv) = a + b \cdot d + c \cdot d^2 + e \cdot d^3 + f \cdot h^2$ a los datos de biomasa de leña gruesa de los árboles de acebo de los estratos 2, 3 y 4 de la zona densa de la acebeda. Los datos del diámetro normal de los árboles (d) y la altura total (h) están en cm, y el logaritmo del peso verde ($\ln(pv)$) se obtiene en log (kg).

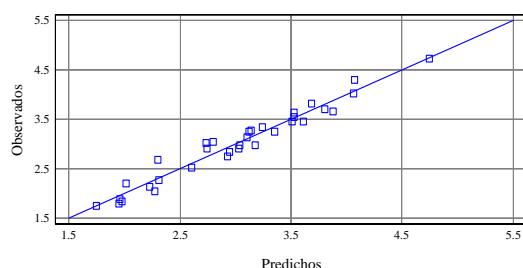


Figura 5.14. Representación gráfica de los valores de la biomasa observados frente a los predichos por la curva ajustada (en unidades logarítmicas).

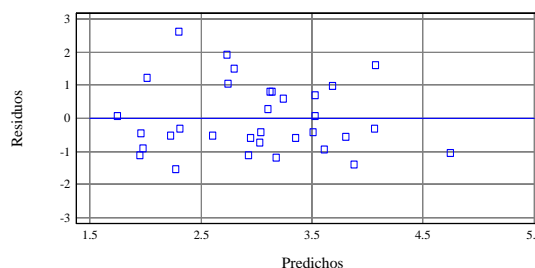


Figura 5.15. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior frente a los valores predichos por la misma (en unidades logarítmicas).

ZONA ADEHESADA.

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	47.0681	3	15.6894	263.08	0.0000
Residual	3.69747	62	0.0596366		
Total (Corr.)	50.7656	65			
R-squared = 92.7166 percent					
R-squared (adjusted for d.f.) = 92.3642 percent					
Standard Error of Est. = 0.244206					
Mean absolute error = 0.180685					
Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value	
CONSTANT	-0.783627	0.242921	-3.22585	0.0020	
d	0.401644	0.0372571	10.7803	0.0000	
h	0.00114315	0.000244418	4.67704	0.0000	
d^2	-0.00829417	0.00126055	-6.57982	0.0000	

Figura 5.16. Resultados del ajuste por regresión lineal del modelo $\ln(pv) = a + b \cdot d + c \cdot d^2 + e \cdot h$ a los datos de biomasa de leña gruesa de los árboles de acebo de la zona adhesada de la acebeda. Los datos del diámetro normal de los árboles (d) y la altura total (h) están en cm y el logaritmo del peso verde ($\ln(pv)$) se obtiene en log(kg).

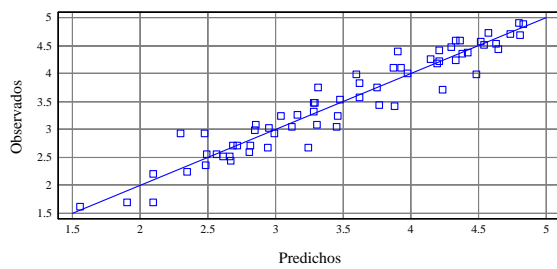


Figura 5.17. Representación gráfica de los valores de la biomasa observados frente a los predichos por la curva ajustada (en unidades logarítmicas).

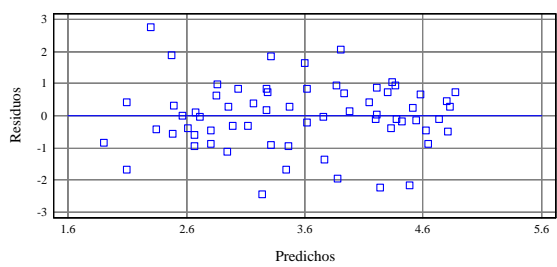


Figura 5.18. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior frente a los valores predichos por la misma (en unidades logarítmicas).

ESTRATO 1.

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	13.9714	4	3.49285	34.65	0.0000
Residual	2.72189	27	0.100811		
Total (Corr.)	16.6933	31			
R-squared = 83.6947 percent					
R-squared (adjusted for d.f.) = 81.2791 percent					
Standard Error of Est. = 0.317507					
Mean absolute error = 0.222014					
Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value	
CONSTANT	-1.46255	0.864854	-1.6911	0.0960	
h	-0.0951343	0.0228354	-4.16609	0.0001	
d	1.12039	0.182752	6.13066	0.0000	
d^2	0.00296224	0.000882867	3.35525	0.0014	
d^3	-0.0298226	0.00114464	-2.60499	0.0148	

Figura 5.19. Resultados del ajuste por regresión lineal del modelo $\ln(pv) = a + b \cdot d + c \cdot d^2 + e \cdot d^3 + f \cdot h + g \cdot h^2 + i \cdot h^3$ a los datos de biomasa de leña fina de los árboles de acebo del estrato 1 de la zona densa de la acebeda. Los datos del diámetro normal de los árboles (d) y la altura total (h) están en cm y el logaritmo del peso verde ($\ln(pv)$) se obtiene en log (kg).

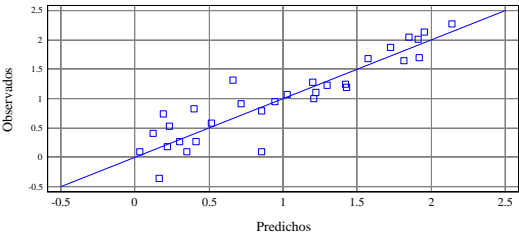


Figura 5.20. Representación gráfica de los valores de la biomasa observados frente a los predichos por la curva ajustada (en unidades logarítmicas).

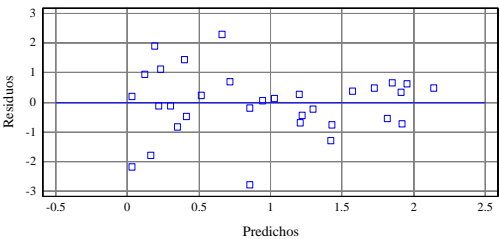


Figura 5.21. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior frente a los valores predichos por la misma (en unidades logarítmicas).

ESTRATOS 2, 3 Y 4.

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	34.7463	5	6.94926	75.88	0.0000
Residual	6.04474	66	0.0915869		
Total (Corr.)	40.791	71			
R-squared = 85.1812 percent					
R-squared (adjusted for d.f.) = 84.0586 percent					
Standard Error of Est. = 0.302633					
Mean absolute error = 0.216039					
Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value	
CONSTANT	-4.50292	0.403897	-11.1487	0.0000	
d	2.56262	0.195798	13.088	0.0000	
d^2	-0.337973	0.0276858	-12.2074	0.0000	
d^3	0.0137655	0.00120822	11.3932	0.0000	
h^2	0.0209807	0.0247333	2.048276	0.0394	
h^3	-0.000795915	0.00275843	-1.208539	0.0738	

Figura 5.22. Resultados del ajuste por regresión lineal del modelo $\ln(pv) = a + b \cdot d + c \cdot d^2 + e \cdot d^3 + f \cdot h + g \cdot h^2 + i \cdot h^3$ a los datos de biomasa de leña fina de los árboles de acebo de los estratos 2, 3 y 4 de la zona densa de la acebeda. Los datos del diámetro normal de los árboles (d) y la altura total (h) están en cm y el logaritmo del peso verde ($\ln(pv)$) se obtiene en log (kg).

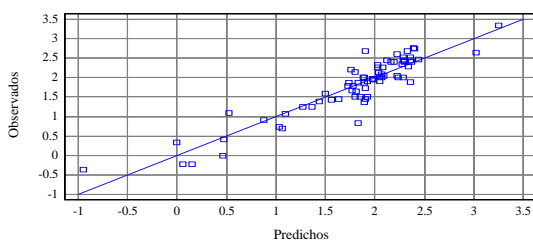


Figura 5.23. Representación gráfica de los valores de la biomasa observados frente a los predichos por la curva ajustada (en unidades logarítmicas).

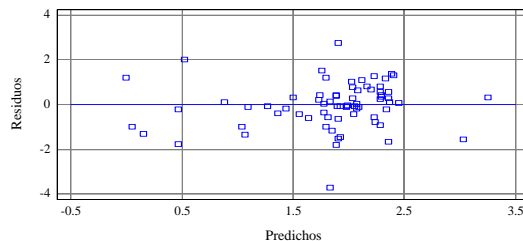


Figura 5.24. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior frente a los valores predichos por la misma (en unidades logarítmicas).

ZONA ADEHESADA.

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	128.327	5	25.6654	155.27	0.0000
Residual	28.2653	171	0.165294		
Total (Corr.)	156.592	176			
R-squared = 81.9498 percent					
R-squared (adjusted for d.f.) = 81.422 percent					
Standard Error of Est. = 0.406564					
Mean absolute error = 0.326346					
Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value	
CONSTANT	-0.454204	0.136491	-3.32772	0.0011	
d	0.32677	0.0551671	5.92327	0.0000	
d^2	-0.01702	0.00407325	-4.17848	0.0000	
d^3	0.000308733	0.0000855967	3.60684	0.0004	
h^2	0.00000833274	0.00000143364	5.81228	0.0000	
h^3	-7.54167E-9	1.50357E-9	-5.01583	0.0000	

Figura 5.25. Resultados del ajuste por regresión lineal del modelo $\ln(pv) = a + b \cdot d + c \cdot d^2 + e \cdot d^3 + f \cdot h + g \cdot h^2 + i \cdot h^3$ a los datos de biomasa de leña fina de los árboles de acebo de la zona adhesada de la acebada. Los datos del diámetro normal de los árboles (d) y la altura total (h) están en cm y el logaritmo del peso verde ($\ln(pv)$) se obtiene en log (kg).

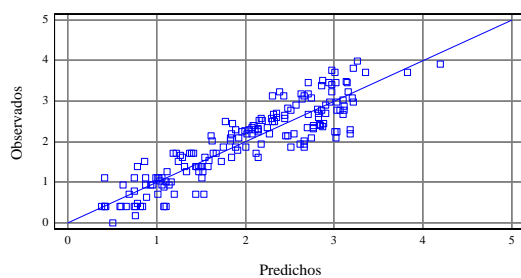


Figura 5.26. Representación gráfica de los valores de la biomasa observados frente a los predichos por la curva ajustada (en unidades logarítmicas).

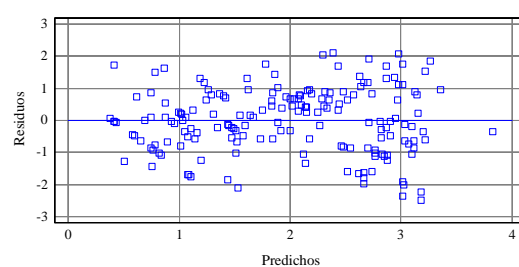


Figura 5.27. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior frente a los valores predichos por la misma (en unidades logarítmicas).

Chasca.

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	129.756	2	64.8781	559.81	0.0000
Residual	19.4699	168	0.115892		
Total (Corr.)	149.226	170			
R-squared = 86.9528 percent					
R-squared (adjusted for d.f.) = 86.7974 percent					
Standard Error of Est. = 0.340429					
Mean absolute error = 0.281261					
Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value	
CONSTANT	0.179505	0.0801288	2.24021	0.0264	
d^2	-0.00637991	0.00105747	-6.03319	0.0000	
d	0.306091	0.0206501	14.8227	0.0000	

Figura 5.28. Resultados del ajuste por regresión lineal del modelo $\ln(pv) = a + b \cdot d + c \cdot d^2$ a los datos de biomasa de la chasca de los árboles de acebo de la zona adehesada de la acebeda. Los datos del diámetro normal de los árboles (d) están en cm y el logaritmo del peso verde ($\ln(pv)$) se obtiene en log (kg).

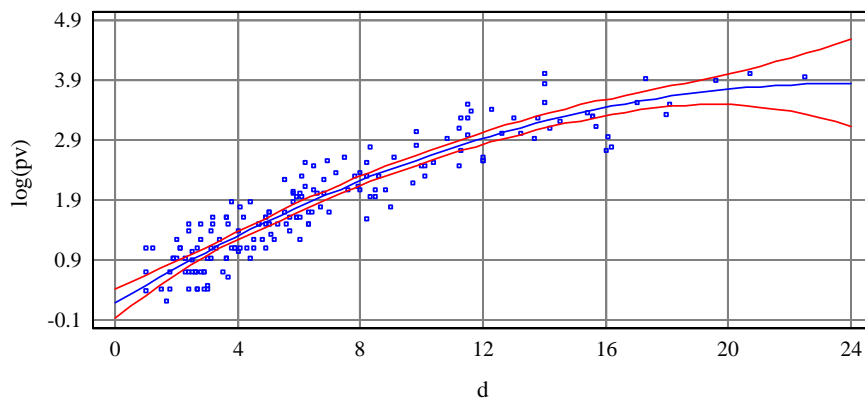


Figura 5.29. Curva de estimación de la biomasa de chasca de los árboles de acebo de la zona adehesada de la acebeda (línea continua) en función del diámetro normal (d) en cm, junto con los datos con los que se ha obtenido la curva. Las líneas de trazos representan el intervalo de confianza de la media al 95%.

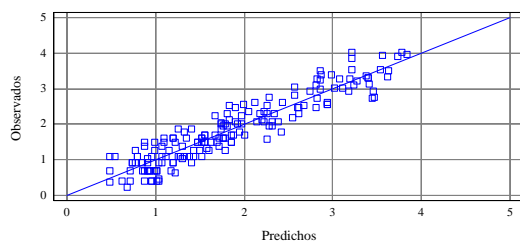


Figura 5.30. Representación gráfica de los valores de la biomasa observados frente a los predichos por la curva ajustada (en unidades logarítmicas).

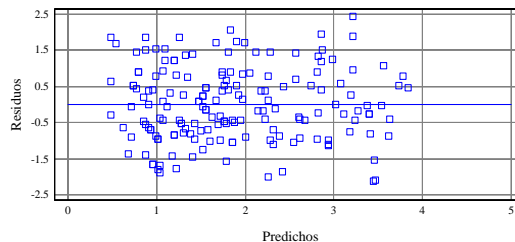


Figura 5.31. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior frente a los valores predichos por la misma (en unidades logarítmicas).

ESTRATO 1.

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	6.11957	1	6.11957	37.59	0.0000
Residual	4.233	26	0.162808		
Total (Corr.)	10.3526	27			
Correlation Coefficient = 0.768841					
R-squared = 59.1116 percent					
Standard Error of Est. = 0.403494					
Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value	
Intercept	-2.13895	0.217912	-9.81564	0.0000	
Slope	0.995044	0.1623	6.13088	0.0000	

Figura 5.32. Resultados del ajuste por regresión lineal del modelo $\ln(pv) = a + b \cdot \ln(d)$ a los datos de biomasa de hojas de los árboles de acebo del estrato 1 de la zona densa de la acebeda. Los datos del diámetro normal de los árboles (d) están en cm y el logaritmo del peso verde ($\ln(pv)$) se obtiene en log (kg).

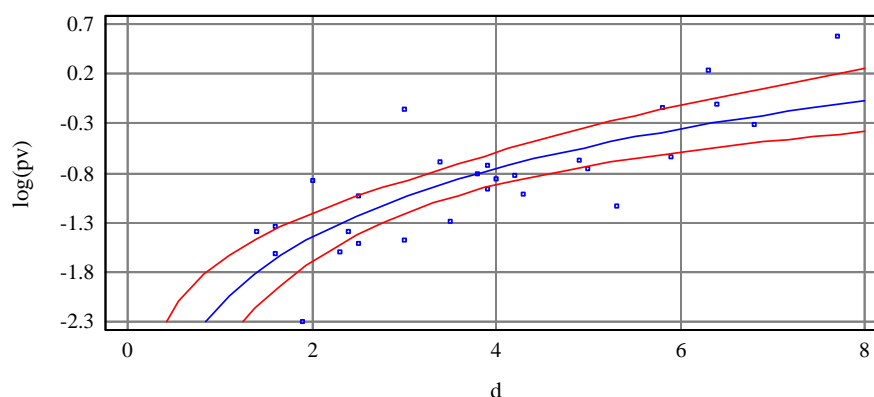


Figura 5.33. Curva de estimación de la biomasa de hojas de los árboles de acebo del estrato 1 de la zona densa de la acebeda (línea continua) en función del diámetro normal (d) en cm, junto con los datos con los que se ha obtenido la curva. Las líneas de trazos representan el intervalo de confianza de la media al 95%.

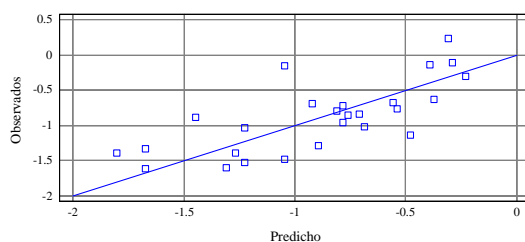


Figura 5.34. Representación gráfica de los valores de la biomasa observados frente a los predichos por la curva ajustada (en unidades logarítmicas).

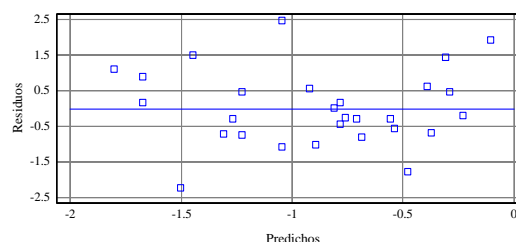


Figura 5.35. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior frente a los valores predichos por la misma (en unidades logarítmicas).

ESTRATOS 2, 3 Y 4.

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	52.6768	1	52.6768	305.28	0.0000
Residual	11.2161	65	0.172555		
Total (Corr.)	63.8928	66			
Correlation Coefficient = 0.907995					
R-squared = 82.4455 percent					
Standard Error of Est. = 0.415397					
Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value	
Intercept	-2.42012	0.15208	-15.9134	0.0000	
Slope	1.46044	0.0835871	17.4721	0.0000	

Figura 5.36. Resultados del ajuste por regresión lineal del modelo $\ln(pv) = a + b \cdot \ln(d)$ a los datos de biomasa de hojas de los árboles de acebo de los estratos 2, 3 y 4 de la zona densa de la acebeda. Los datos del diámetro normal de los árboles (d) están en cm y el logaritmo del peso verde ($\ln(pv)$) se obtiene en log (kg).

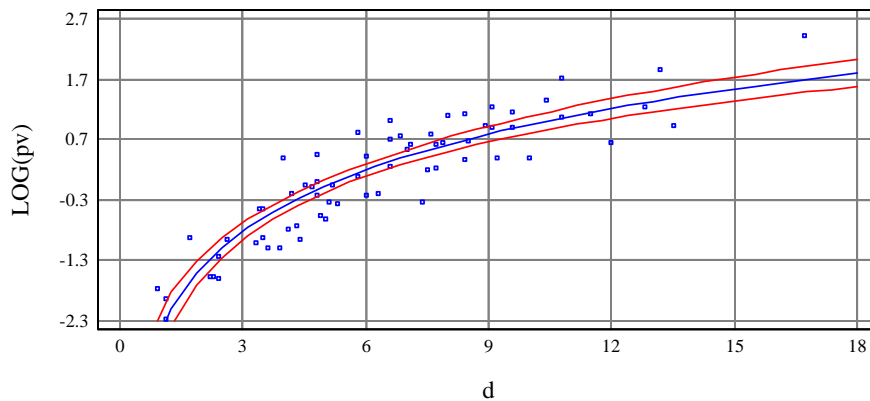


Figura 5.37. Curva de estimación de la biomasa de hojas de los árboles de acebo de los estratos 2, 3 y 4 de la zona densa de la acebeda (línea continua) en función del diámetro normal (d) en cm, junto con los datos con los que se ha obtenido la curva. Las líneas de trazos representan el intervalo de confianza de la media al 95%.

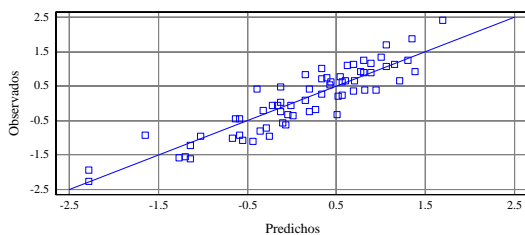


Figura 5.38. Representación gráfica de los valores de la biomasa observados frente a los predichos por la curva ajustada (en unidades logarítmicas).

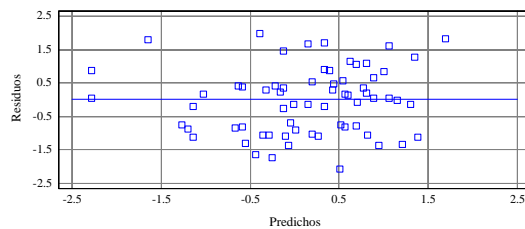


Figura 5.39. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior frente a los valores predichos por la misma (en unidades logarítmicas).

ZONA ADEHESADA.

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	95.3597	1	95.3597	431.38	0.0000
Residual	36.9169	167	0.221059		
Total (Corr.)	132.277	168			
Correlation Coefficient = 0.849065					
R-squared = 72.0911 percent					
Standard Error of Est. = 0.47017					
Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value	
Intercept	-1.39951	0.103753	-13.4889	0.0000	
Slope	1.13304	0.054553	20.7696	0.0000	

Figura 5.40. Resultados del ajuste por regresión lineal del modelo $\ln(pv) = a + b \cdot \ln(d)$ a los datos de biomasa de hojas de los árboles de acebo de la zona adhesada de la acebeda. Los datos del diámetro normal de los árboles (d) están en cm y el logaritmo del peso verde ($\ln(pv)$) se obtiene en log (kg).

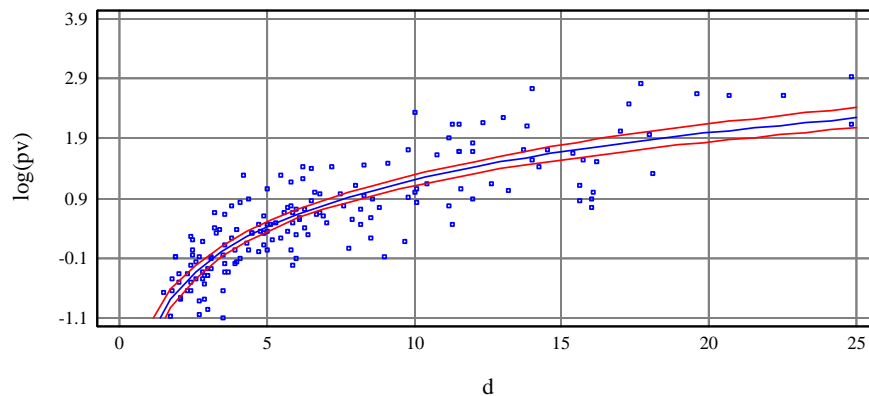


Figura 5.41. Curva de estimación de la biomasa de hojas de los árboles de acebo de la zona adhesada de la acebeda (línea continua) en función del diámetro normal (d) en cm, junto con los datos con los que se ha obtenido la curva. Las líneas de trazos representan el intervalo de confianza de la media al 95%.

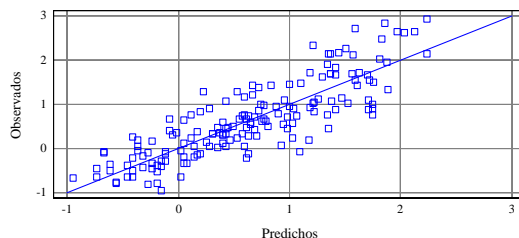


Figura 5.42. Representación gráfica de los valores de la biomasa observados frente a los predichos por la curva ajustada (en unidades logarítmicas).

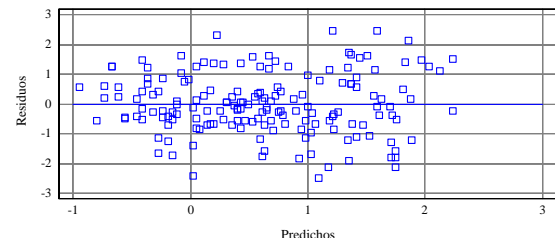


Figura 5.43. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior frente a los valores predichos por la misma (en unidades logarítmicas).

5.3. Modelos de biomasa seleccionados para las cepas.

BIOMASA DE HOJAS.

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	35.6941	2	17.847	254.26	0.0000
Residual	0.912484	13	0.0701911		
Total (Corr.)	36.6066	15			
R-squared = 97.5073 percent					
R-squared (adjusted for d.f.) = 97.1238 percent					
Standard Error of Est. = 0.264936					
Mean absolute error = 0.187741					
Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value	
CONSTANT	0.0582227	0.234325	0.248469	0.8077	
h	0.932655	0.131522	7.09127	0.0000	
h^2	-0.0386762	0.014357	-2.6939	0.0184	

Figura 5.44. Resultados del ajuste por regresión lineal del modelo $\ln(pv) = a + b \cdot h + c \cdot h^2$ a los datos de biomasa de hojas de las cepas de acebo de la zona adhesada de la acebeda. Los datos de la altura total de la cepa (h) están en m y el logaritmo del peso verde ($\ln(pv)$) se obtiene en log (kg).

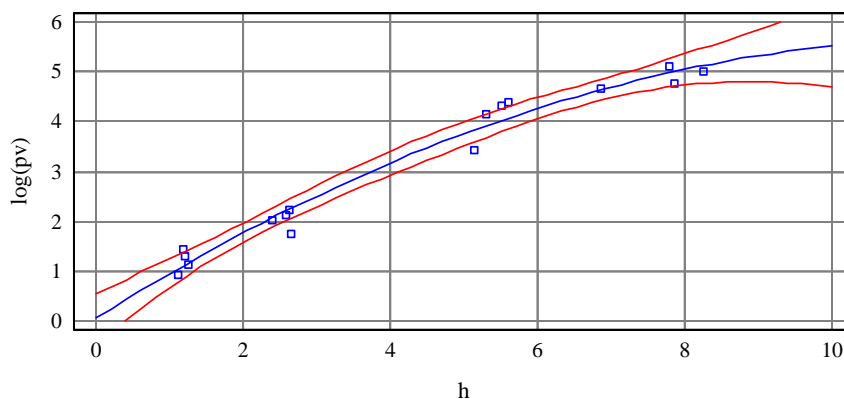


Figura 5.45. Curva de estimación de la biomasa de hojas de las cepas de acebo de la zona adhesada de la acebeda (línea continua) en función de la altura total de la cepa (h) en m, junto con los datos con los que se ha obtenido la curva. Las líneas de trazos representan el intervalo de confianza de la media al 95%.

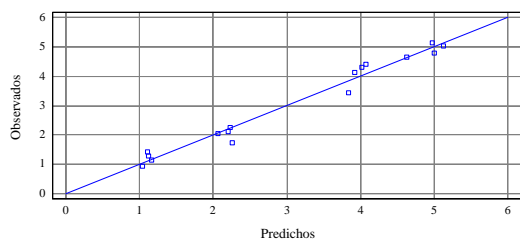


Figura 5.46. Representación gráfica de los valores de la biomasa observados frente a los predichos por la curva ajustada (en unidades logarítmicas).

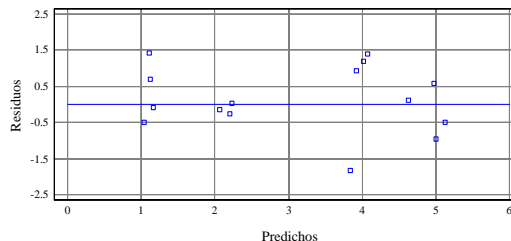


Figura 5.47. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior frente a los valores predichos por la misma (en unidades logarítmicas).

BIOMASA DE CHASCA

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	46.324	2	23.162	383.29	0.0000
Residual	0.785581	13	0.0604293		
Total (Corr.)	47.1096	15			
R-squared = 98.3324 percent					
R-squared (adjusted for d.f.) = 98.0759 percent					
Standard Error of Est. = 0.245824					
Mean absolute error = 0.17892					
Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value	
CONSTANT	0.78514	0.217421	3.61115	0.0032	
h	1.04795	0.122034	8.58738	0.0000	
h^2	-0.042401	0.0133213	-3.18295	0.0072	

Figura 5.48. Resultados del ajuste por regresión lineal del modelo $\ln(pv) = a + b \cdot h + c \cdot h^2$ a los datos de biomasa de chasca de las cepas de acebo de la zona adhesada de la acebeda. Los datos de la altura total de la cepa (h) están en m y el logaritmo del peso verde ($\ln(pv)$) se obtiene en log (kg).

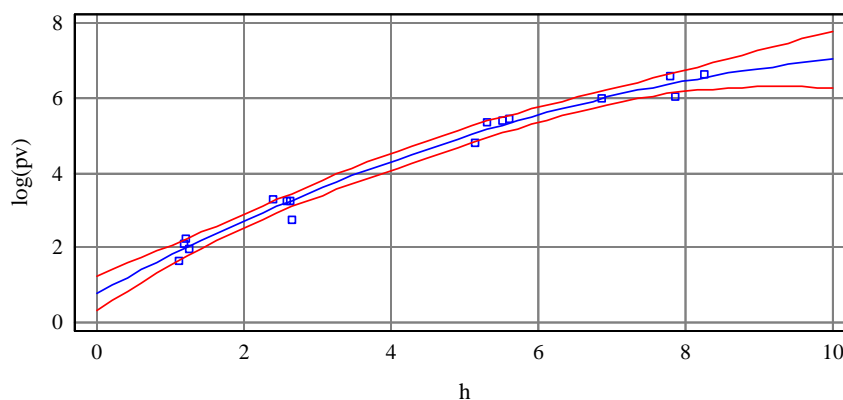


Figura 5.49. Curva de estimación de la biomasa de chasca de las cepas de acebo de la zona adhesada de la acebeda (línea continua) en función de la altura total de la cepa (h) en m, junto con los datos con los que se ha obtenido la curva. Las líneas de trazos representan el intervalo de confianza de la media al 95%.

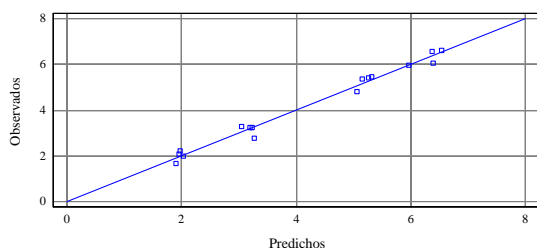


Figura 5.50. Representación gráfica de los valores de la biomasa observados frente a los predichos por la curva ajustada (en unidades logarítmicas).

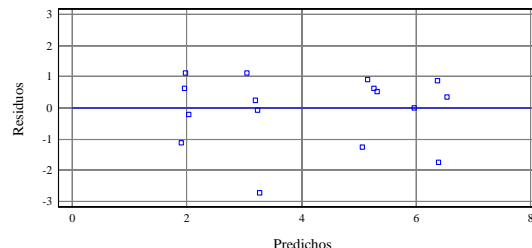


Figura 5.51. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior frente a los valores predichos por la misma (en unidades logarítmicas).

BIOMASA DE LEÑA FINA

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	69.8341	1	69.8341	309.34	0.0000
Residual	3.16053	14	0.225752		
Total (Corr.)	72.9946	15			
R-squared = 95.6702 percent					
R-squared (adjusted for d.f.) = 95.3609 percent					
Standard Error of Est. = 0.475133					
Mean absolute error = 0.338816					
Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value	
CONSTANT	-0.107129	0.230224	-0.465327	0.6489	
h	0.824756	0.0468929	17.5881	0.0000	

Figura 5.52. Resultados del ajuste por regresión lineal del modelo $\ln(pv) = a + b \cdot h$ a los datos de biomasa de leña fina de las cepas de acebo de la zona adhesada de la acebada. Los datos de la altura total de la cepa (h) están en m y el logaritmo del peso verde ($\ln(pv)$) se obtiene en log (kg).

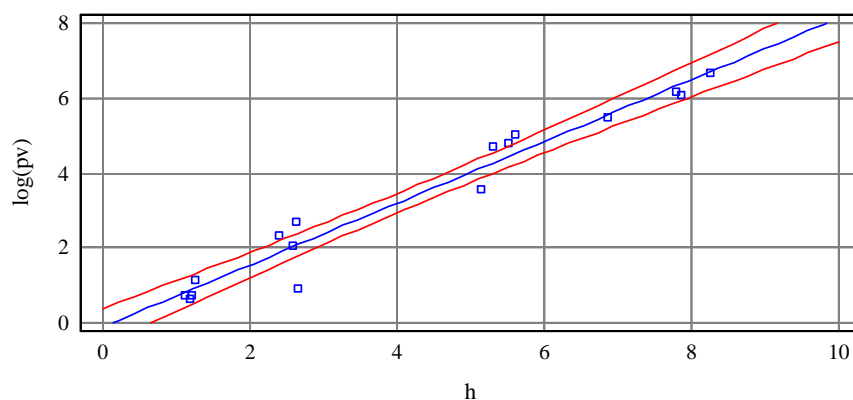


Figura 5.53. Curva de estimación de la biomasa de leña fina de las cepas de acebo de la zona adhesada de la acebada (línea continua) en función de la altura total de la cepa (h) en m, junto con los datos con los que se ha obtenido la curva. Las líneas de trazos representan el intervalo de confianza de la media al 95%.

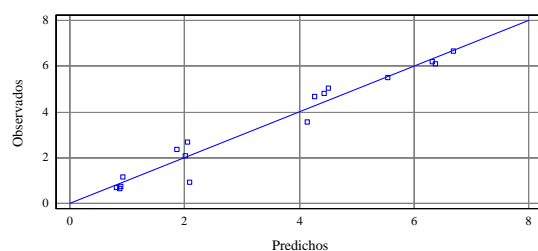


Figura 5.54. Representación gráfica de los valores de la biomasa observados frente a los predichos por la curva ajustada (en unidades logarítmicas).

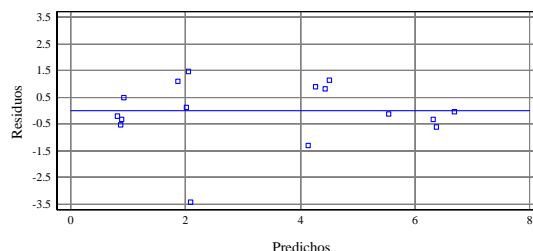


Figura 5.55. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior frente a los valores predichos por la misma (en unidades logarítmicas).

BIOMASA DE LEÑA GRUESA

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	108.683	2	54.3413	289.62	0.0000
Residual	2.25156	12	0.18763		
Total (Corr.)	110.934	14			
R-squared = 97.9704 percent					
R-squared (adjusted for d.f.) = 97.6321 percent					
Standard Error of Est. = 0.433163					
Mean absolute error = 0.307197					
Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value	
CONSTANT	-2.61782	0.427851	-6.11854	0.0001	
h	1.99885	0.229007	8.72832	0.0000	
h^2	-0.101681	0.024529	-4.14535	0.0014	

Figura 5.56. Resultados del ajuste por regresión lineal del modelo $\ln(pv) = a + b \cdot h + c \cdot h^2$ a los datos de biomasa de leña gruesa de las cepas de acebo de la zona adhesada de la acebeda. Los datos de la altura total de la cepa (h) están en m y el logaritmo del peso verde ($\ln(pv)$) se obtiene en log (kg).

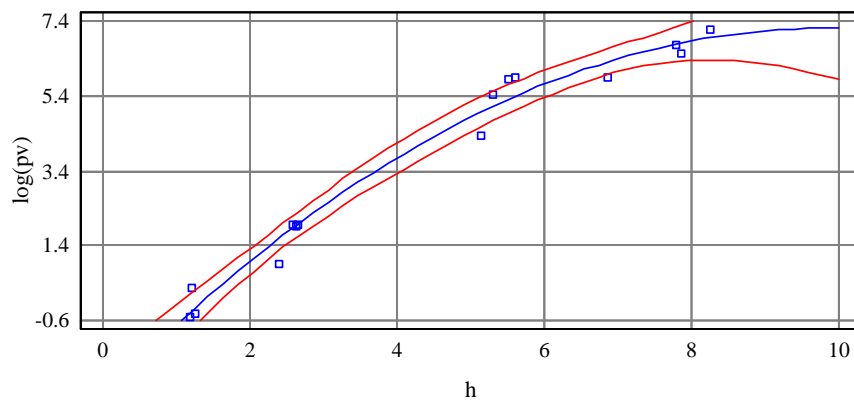


Figura 5.57. Curva de estimación de la biomasa de leña gruesa de las cepas de acebo de la zona adhesada de la acebeda (línea continua) en función de la altura total de la cepa (h) en m, junto con los datos con los que se ha obtenido la curva. Las líneas de trazos representan el intervalo de confianza de la media al 95%.

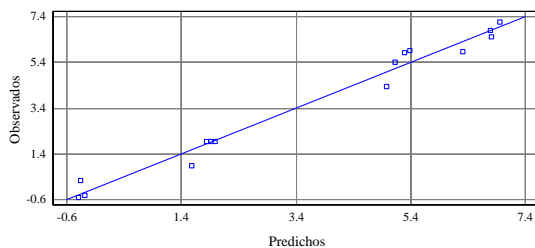


Figura 5.58. Representación gráfica de los valores de la biomasa observados frente a los predichos por la curva ajustada (en unidades logarítmicas).

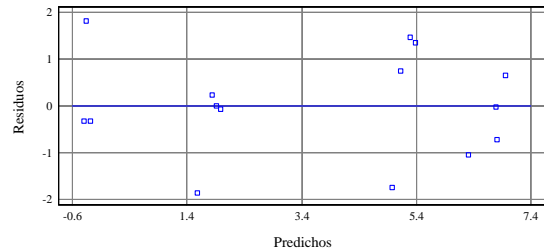


Figura 5.59. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior frente a los valores predichos por la misma (en unidades logarítmicas).

BIOMASA TOTAL

Analysis of Variance					
Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	66.9037	2	33.4519	375.95	0.0000
Residual	1.15673	13	0.0889794		

Total (Corr.)	68.0604	15			
R-squared = 98.3004 percent					
R-squared (adjusted for d.f.) = 98.039 percent					
Standard Error of Est. = 0.298294					
Mean absolute error = 0.216656					

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value	
CONSTANT	0.895961	0.263829	3.39599	0.0048	
h	1.21988	0.148082	8.23787	0.0000	
h^2	-0.0464533	0.0161647	-2.87376	0.0130	

Figura 5.60. Resultados del ajuste por regresión lineal del modelo $\ln(pv) = a + b \cdot h + c \cdot h^2$ a los datos de biomasa total de las cepas de acebo de la zona adhesada de la acebeda. Los datos de la altura total de la cepa (h) están en m y el logaritmo del peso verde ($\ln(pv)$) se obtiene en log (kg).

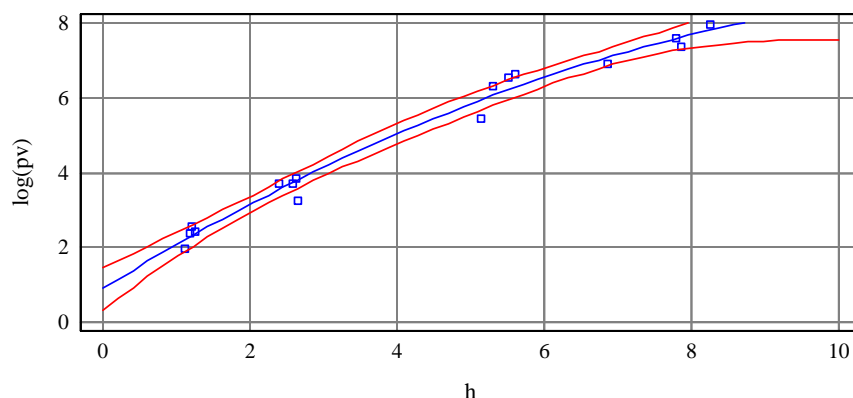


Figura 8.61. Curva de estimación de la biomasa total de las cepas de acebo de la zona adhesada de la acebeda (línea continua) en función de la altura total de la cepa (h) en m, junto con los datos con los que se ha obtenido la curva. Las líneas de trazos representan el intervalo de confianza de la media al 95%.

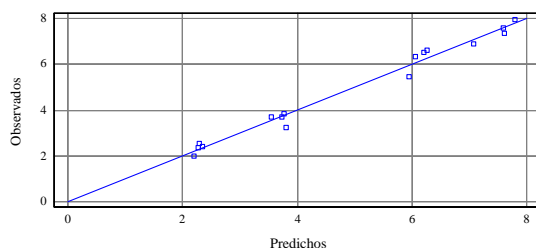


Figura 5.62. Representación gráfica de los valores de la biomasa observados frente a los predichos por la curva ajustada (en unidades logarítmicas).

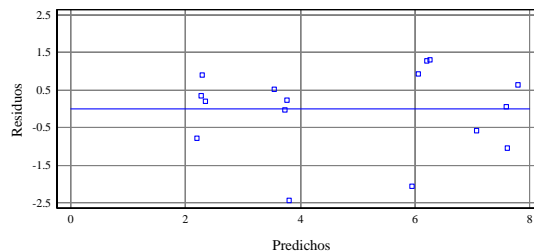


Figura 5.63. Representación gráfica de los residuos del ajuste de la función anterior frente a los valores predichos por la misma (en unidades logarítmicas).

5.1. Tablas de correlación entre las variables dependientes e independientes.

Peso Verde												
	Conjunto de Datos				Zona Adehesada				Zona Densa			
B. Total	d^2	d	hd^2	dh	d	d^2	hd^2	hd	hd^2	d^3	d^2	dh
	0,907	0,897	0,897	0,877	0,903	0,902	0,887	0,878	0,968	0,977	0,947	0,917
L.Gruesa	d^2	hd^2	d	dh	d^2	d	hd^2	dh	hd^2	d^3	d^2	dh
	0,916	0,908	0,894	0,879	0,912	0,899	0,899	0,880	0,978	0,972	0,955	0,906
L.Fina	dh	d	hd^2	d^2	hd	d	hd^2	d^2	hd^2	dh	d^3	d^2
	0,750	0,741	0,739	0,723	0,752	0,739	0,728	0,711	0,749	0,747	0,735	0,719
Chasca	d^2	d	hd^2	dh	d	d^2	hd^2	dh	hd^2	d^3	d^2	hd
	0,803	0,802	0,766	0,747	0,805	0,792	0,747	0,741	0,888	0,882	0,849	0,826
Ramillas	d	d^2	hd^2	hd	d	d^2	dh	hd^2	hd^2	d^3	d^2	dh
	0,822	0,820	0,797	0,784	0,830	0,812	0,786	0,783	0,883	0,878	0,839	0,815
Hojas	d^2	d	d^3	hd^2	d^2	d	d^3	hd^2	hd^2	d^3	d^2	dh
	0,707	0,696	0,640	0,636	0,685	0,682	0,625	0,605	0,865	0,846	0,844	0,841
Frutos	lnd^2	lnd	d	$lnhd^2$	lnd^2	lnd	$lnhd^2$	$lnhd$	hd^2	d^3	dh	d^2
	0,283	0,283	0,267	0,265	0,271	0,271	0,252	0,236	0,615	0,593	0,563	0,562

Tabla 5.1. Variables independientes utilizadas en los modelos de biomasa que presentan mayores coeficientes de correlación de Pearson con el peso verde de cada fracción de la biomasa de los árboles de acebo para el conjunto de los datos y en cada zona estudiada.

Peso Seco												
	Conjunto de Datos				Zona Adehesada				Zona Densa			
B. Total	d^2	d	hd^2	dh	d	d^2	hd^2	hd	hd^2	d^3	d^2	dh
	0,908	0,901	0,900	0,883	0,905	0,903	0,890	0,883	0,981	0,967	0,951	0,926
L.Gruesa	d^2	hd^2	d	dh	d^2	d	hd^2	dh	hd^2	d^3	d^2	dh
	0,925	0,923	0,900	0,891	0,924	0,917	0,906	0,891	0,977	0,969	0,952	0,904
L.Fina	dh	d	hd^2	d^2	hd	d	hd^2	d^2	hd	dh^2	h^3	h^2
	0,753	0,737	0,734	0,714	0,756	0,732	0,727	0,702	0,752	0,737	0,724	0,715
Chasca	d	d^2	hd^2	dh	d	d^2	hd^2	dh	hd^2	d^3	d^2	hd
	0,803	0,801	0,761	0,743	0,805	0,788	0,742	0,737	0,893	0,878	0,857	0,845
Ramillas	d	d^2	hd^2	hd	d	d^2	dh	hd^2	hd^2	d^3	d^2	dh
	0,819	0,811	0,785	0,776	0,825	0,800	0,776	0,770	0,885	0,871	0,845	0,830
Hojas	d^2	d	d^3	hd^2	d^2	d	d^3	hd^2	hd^2	d^3	d^2	dh
	0,708	0,693	0,645	0,630	0,686	0,679	0,629	0,599	0,865	0,845	0,844	0,841
Frutos	lnd^2	lnd	d	$lnhd^2$	lnd^2	lnd	$lnhd^2$	$lnhd$	hd^2	d^3	d^2	hd
	0,291	0,291	0,278	0,274	0,277	0,277	0,259	0,244	0,636	0,615	0,580	0,580

Tabla 5.2. Variables independientes utilizadas en los modelos de biomasa que presentan mayores coeficientes de correlación de Pearson con el peso seco de cada fracción de la biomasa de los árboles de acebo para el conjunto de los datos y en cada zona estudiada.

Ln (Peso Verde)												
	Conjunto de Datos				Zona Adecuada				Zona Densa			
B. Total	$lnhd^2$	lnd^2	lnd	$lndh$	lnd^2	lnd	$lnhd^2$	$lnhd$	$lnhd^2$	$lnhd$	lnd^2	lnd
	0,935	0,934	0,934	0,927	0,940	0,940	0,937	0,926	0,955	0,951	0,941	0,941
L.Gruesa	d	dh	lnd	lnd^2	d	dh	lnd	lnd^2	dh	d	d^2	hd^2
	0,873	0,869	0,833	0,833	0,877	0,86,	0,851	0,851	0,897	0,893	0,878	0,852
L.Fina	$lndh$	$lnhd^2$	lnd	lnd^2	$lndh$	$lnhd^2$	lnd^2	lnd	$lndh$	$lndh^2$	lnd^2	lnh^2
	0,857	0,856	0,840	0,840	0,873	0,871	0,856	0,856	0,827	0,822	0,792	0,752
Chasca	lnd	lnd^2	$lnhd^2$	d	lnd^2	lnd	$lnhd^2$	d	$lnhd^2$	$lnhd$	d	lnd^2
	0,833	0,833	0,823	0,813	0,865	0,865	0,851	0,843	0,854	0,849	0,847	0,843
Ramillas	lnd^2	lnd	$lnhd^2$	d	lnd^2	$lnhd^2$	d	$lnhd$	$lnhd^2$	d	$lnhd$	dh
	0,840	0,840	0,833	0,825	0,868	0,859	0,849	0,845	0,849	0,846	0,844	0,842
Hojas	lnd	lnd^2	$lnhd^2$	d	lnd^2	lnd	d	$lnhd^2$	$lnhd^2$	$lnhd$	lnd^2	d
	0,731	0,731	0,715	0,697	0,733	0,733	0,712	0,705	0,794	0,789	0,784	0,773
Frutos	lnd^2	lnd	$lnhd^2$	$lnhd$	$lndh$	$lnhd^2$	lnd^2	lnd	lnd^2	lnd	$lnhd^2$	$lndh$
	0,661	0,661	0,657	0,643	0,621	0,615	0,596	0,596	0,768	0,768	0,765	0,748

Tabla 5.3. Variables independientes utilizadas en los modelos de biomasa que presentan mayores coeficientes de correlación de Pearson con el logaritmo neperiano del peso verde de cada fracción de la biomasa de los árboles de acebo para el conjunto de los datos y en cada zona estudiada.

Ln (Peso Seco)												
	Conjunto de Datos				Zona Adecuada				Zona Densa			
B. Total	$lnhd^2$	lnd^2	lnd	$lndh$	lnd^2	lnd	$lnhd^2$	$lnhd$	$lnhd^2$	$lnhd$	lnd^2	lnd
	0,937	0,936	0,936	0,927	0,939	0,939	0,936	0,924	0,954	0,949	0,939	0,939
L.Gruesa	d	dh	lnd	lnd^2	d	dh	lnd	lnd^2	dh	d	d^2	hd^2
	0,884	0,883	0,829	0,829	0,891	0,882	0,852	0,852	0,898	0,889	0,888	0,866
L.Fina	$lndh$	$lnhd^2$	lnd	lnd^2	$lndh$	$lnhd^2$	lnd^2	lnd	$lndh$	$lndh^2$	lnd^2	lnh^2
	0,860	0,857	0,839	0,839	0,875	0,871	0,854	0,854	0,826	0,820	0,788	0,756
Chasca	lnd	lnd^2	$lnhd^2$	d	lnd^2	lnd	$lnhd^2$	d	$lnhd^2$	$lnhd$	lnd^2	d
	0,842	0,842	0,831	0,818	0,866	0,866	0,850	0,841	0,863	0,858	0,852	0,849
Ramillas	lnd^2	lnd	$lnhd^2$	d	lnd^2	$lnhd^2$	d	$lnhd$	$lnhd^2$	$lndh$	d	lnd^2
	0,846	0,846	0,838	0,826	0,869	0,858	0,844	0,842	0,854	0,848	0,845	0,842
Hojas	lnd^2	lnd	$lnhd^2$	d	lnd^2	lnd	d	$lnhd^2$	$lnhd^2$	$lnhd$	lnd^2	d
	0,740	0,740	0,723	0,707	0,738	0,738	0,720	0,706	0,801	0,798	0,788	0,772
Frutos	lnd	lnd^2	$lnhd^2$	$lnhd$	$lndh$	$lnhd^2$	lnd^2	lnd	lnd^2	lnd	$lnhd^2$	$lndh$
	0,669	0,668	0,668	0,657	0,639	0,637	0,623	0,623	0,760	0,752	0,749	0,749

Tabla 5.4. Variables independientes utilizadas en los modelos de biomasa que presentan mayores coeficientes de correlación de Pearson con el logaritmo neperiano del peso seco de cada fracción de la biomasa de los árboles de acebo para el conjunto de los datos y en cada zona estudiada.

Biomasa Cepas								
	Peso Verde				Peso Seco			
B. Total	h^3	hd^2	h^2	dh	h^2	h^3	hd^2	dh
	0,968	0,944	0,942	0,931	0,965	0,942	0,938	0,928
L.Gruesa	h^3	h^2	hd^2	dh	h^3	h^2	hd^2	dh
	0,955	0,927	0,920	0,909	0,949	0,919	0,917	0,904
L.Fina	h^3	hd^2	h^2	p^3	h^3	hd^2	p^3	h^2
	0,959	0,932	0,919	0,912	0,945	0,923	0,905	0,903
Chasca	h^3	hd^2	dh	h^2	h^3	hd^2	dh	h^2
	0,971	0,967	0,959	0,958	0,967	0,966	0,960	0,957
Ramillas	h^3	hd^2	dh	p^3	h^3	hd^2	dh	p^3
	0,972	0,967	0,954	0,953	0,968	0,966	0,953	0,952
Hojas	h^3	dh	h^2	hd^2	h^3	dh	h	p
	0,976	0,968	0,968	0,955	0,958	0,955	0,946	0,946
Frutos	d^3	p^3	d^2	dh	d^3	p^3	d^2	dh
	0,500	0,487	0,481	0,475	0,496	0,483	0,476	0,468

Tabla 5.5. Variables independientes utilizadas en los modelos de biomasa que presentan mayores coeficientes de correlación de Pearson con las variables dependientes para cada fracción de la biomasa de las cepas de acebo de la zona adehesada.

Biomasa Cepas								
	Ln (Peso Verde)				Ln (Peso Seco)			
B. Total	h	$ln dh$	$ln hd^2$	$ln p$	h	$ln dh$	$ln hd^2$	$ln p$
	0,986	0,980	0,980	0,979	0,985	0,980	0,980	0,979
L.Gruesa	$ln h^2$	$ln h$	$ln dh$	$ln dh^2$	$ln h^2$	$ln h$	$ln dh$	$ln dh^2$
	0,981	0,981	0,978	0,975	0,983	0,983	0,980	0,978
L.Fina	h	$ln h^2$	$ln p$	$ln hd^2$	h	$ln p$	$ln hd^2$	$ln d^2$
	0,978	0,964	0,963	0,957	0,975	0,962	0,961	0,960
Chasca	h	$ln p$	$ln hd^2$	$ln hd$	$ln p$	$ln hd^2$	$ln hd$	h
	0,985	0,985	0,985	0,984	0,985	0,984	0,983	0,982
Ramillas	$ln p$	$ln hd^2$	$ln dh$	$ln d^2$	$ln p$	$ln hd^2$	$ln dh$	$ln d^2$
	0,987	0,986	0,986	0,984	0,987	0,986	0,986	0,984
Hojas	h	$ln dh$	$ln p$	$ln hd^2$	$ln p$	h	$ln hd^2$	$ln d$
	0,980	0,975	0,975	0,975	0,970	0,970	0,968	0,966
Frutos	h	$ln h$	$ln h^2$	$ln dh$	d	h	$ln hd^2$	p
	0,854	0,850	0,850	0,845	0,843	0,841	0,834	0,834

Tabla 5.6. Variables independientes utilizadas en los modelos de biomasa que presentan mayores coeficientes de correlación de Pearson con las variables dependientes para cada fracción de la biomasa de las cepas de acebo de la zona adehesada.

ANEXO 6.
Aprovechamientos.

6.2. Ejemplos de inferencia con el modelo de producción propuesto.

Se incluyen varios ejemplos de inferencia que permiten aclarar el uso del modelo propuesto. Para ello, se va a utilizar los datos de una de las cepas utilizadas en el ensayo de niveles de intensidad de corta de ramilla ornamental.

Se desea estimar el peso de ramilla ornamental que tiene un cepa de acebo de 7 m de altura. Así mismo se desea obtener un intervalo de confianza del 95% de probabilidad para el peso de ramilla de ese árbol.

Mediante la ecuación de estimación del peso verde de la chasca en función de la altura de la cepa ($Ln(pv) = 0,78514 - 0,042401 \cdot h^2 + 1,04795 \cdot h$), para una altura de 7 m se obtiene un logaritmo neperiano del peso verde de 6,043 Ln(kg). Transformando a unidades aritméticas el valor del logaritmo neperiano del peso obtenido de la ecuación es de 421,21 kg. Este es el valor más probable de la chasca de la cepa, aunque no el peso medio de la chasca de las cepas de 7m de altura. El estimador del peso medio, que es el que normalmente se utiliza para calcular existencias, se obtiene multiplicando dicho valor por el coeficiente de corrección, que en este caso vale 1,13078547. Por lo tanto, el estimador del peso medio de chasca de las cepas de 7 m de altura es de 476,3 kg.

Para obtener el intervalo de confianza de este valor utilizamos la expresión que nos proporciona el intervalo de confianza para la variable explicada, que se ha explicado anteriormente. Los parámetros necesarios para dicho cálculo son los siguientes:

\hat{y}_h , la esperanza matemática de la variable explicada obtenida de la ecuación del modelo, 6,043141.

\bar{e} , el error cuadrático medio residual del ajuste, 0,18012.

n, es el número de puntos considerado en el ajuste, 16.

n_h , es el número equivalente de observaciones,

$$n_h = \frac{n}{1 + \left(\frac{x_h - \bar{x}}{s_x}\right)^2} = \frac{16}{1 + \left(\frac{7 - 4,2}{2,62}\right)^2} = 7,4692201$$

$t_{\alpha/2}$, es la t de Student con 13 grados de libertad y nivel de probabilidad 0,975, que tiene un valor de 2,16.

Por tanto, el intervalo de confianza del 95% para la variable explicada es

$$y_h = \hat{y}_h \pm t_{\alpha/2} \cdot \bar{e} \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n_h}} = 6,043141 \pm 2,16 \cdot 0,18 \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{7,4692201}} = 6,043141 \pm 0,1422619$$

o sea, (5,6291 ; 6,4571). Si convertimos este intervalo en unidades aritméticas, finalmente se obtiene que el intervalo (278,42 ; 637,24) kg tiene un 95% de probabilidad de contener el peso verde de chasca de una cepa cualquiera de 7 m de altura.

Si ahora, con el mismo tipo de cepa del caso anterior, se desea obtener el intervalo de confianza con el 95% de probabilidad para el peso medio de ramilla ornamental de las cepas de acebo de 7 m de altura.

El proceso de cálculo será similar al ejemplo anterior pero ahora el intervalo de confianza pedido es el de la esperanza matemática de la variable, el cual viene dado por la expresión siguiente:

$$y_h = \hat{y}_h \pm t_{\alpha/2} \cdot \bar{e} \cdot \sqrt{\frac{1}{n_h}} = 6,043141 \pm 2,16 \cdot 0,18 \cdot \sqrt{\frac{1}{7,4692}} = 6,043141 \pm 0,142261$$

con lo que el intervalo pedido será (5,9008 ; 6,1854) en términos de la variable logarítmica explicada, y el intervalo (365,36 ; 485,61) kg tendrá una probabilidad del 95% de contener el peso verde de chasca de las cepas de 7 m de altura. El estimador del peso medio de chasca es el obtenido en el ejemplo anterior, 476,3 kg.

Finalmente ,se desea conocer la producción media futura, dentro de 5 y 10 años, de las cepas de acebo de 2,5 m de altura en la actualidad.

Mediante la ecuación de crecimiento en altura de las cepas ($h = 9,440992 \cdot (1 - e^{-0,03346 \cdot (t - t_{1,5})})^{1/0,970}$) se puede calcular la altura media que tendrán estas cepas dentro de 5 y 10 años. De esta misma ecuación se deduce que una cepa que actualmente tiene 2,5 m de altura se liberó hace 9,63 años de la acción del ganado sobre sus guías, entonces la edad a 1,5 m que tendrá dentro de 5 y 10 años será de 14,63 y 19,63 m.

Calculando el valor medio correspondiente a estas edades en la ecuación anterior se obtiene que la cepa medirá 3,5 m dentro de 5 años y 4,65 m dentro de 10.

Una vez conocida su altura estimada en el futuro el cálculo del peso medio de chasca de las cepas y de su intervalo de confianza es análogo al del apartado anterior:

Por tanto, 5 años después: $Ln(pv) = 0,78514 - 0,042401 \cdot 3,5^2 + 1,04795 \cdot 3,5 = 3,9335$ ln(kg), de donde $pv = e^{3,9335} = 51,0882$ kg , multiplicando por el factor de corrección (1,13079) se obtiene el valor medio buscado, 57,7697 kg. De manera análoga se calcula para 10 años después, obteniéndose un peso medio de chasca para estas cepas de 114,5821 kg.

Este tipo de modelos se pueden integrar en programas informáticos de simulación, que permiten obtener estimaciones rápidas de una forma sencilla. De esta forma los gestores pueden estimar las producciones y valorar la conveniencia o no de determinadas intervenciones selvícolas.

6.1. Metodología para la medición de la densidad foliar de las cepas.

Para realizar las medidas de la envolvente de la copa de las cepas de acebo sobre fotografías nos basamos en el sistema de proyección cónica, que es el utilizado por el ojo humano y las cámaras fotográficas. La perspectiva cónica de una figura es la representación de ésta sobre un plano tal y como la vemos en realidad, desde un punto de vista determinado.

Una de las principales propiedades de este sistema de proyección es que “las proyecciones de dos o más rectas r y s , paralelas entre sí son, en general, rectas concurrentes” (IZQUIERDO, 1991). En efecto, por geometría se sabe que si dos planos pasan por dos rectas paralelas (Figura 9.9), su intersección es paralela a ellas, por tanto, como los planos proyectantes de ambas rectas pasan por ellas y por el centro de proyección O , su intersección será la recta OF , paralela entre las rectas dadas, y como las proyecciones son las intersecciones r_1 y s_1 del plano de proyección con los planos proyectantes de las rectas, es decir, con el diedro de arista OF , éstas deberán concurrir en F .

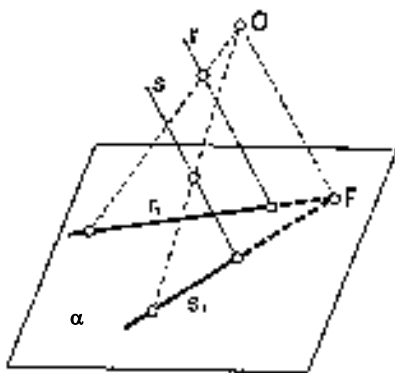


Figura 9.9 . Proyección de dos rectas paralelas en perspectiva cónica. (Figura extraída de IZQUIERDO, 1991).

Si las rectas paralelas además de serlo entre sí, lo son también al plano de proyección, tendrán sus proyecciones paralelas puesto que entonces OF también será paralela al plano α y, por tanto, lo cortará en el infinito, es decir que F será un punto impropio y como r_1 y s_1 deben concurrir en él, resultarán paralelas.

En la proyección cónica no son invariantes propiedades métricas como el paralelismo, la perpendicularidad, la igualdad o la semejanza. Tampoco lo son magnitudes como longitudes, ángulos o áreas, ni aún siquiera la separación y ordenación puntual.

Por tanto, para poder medir de una forma sencilla sobre las fotografías es imprescindible que el eje de proyección de la imagen sea horizontal, o sea, que el objetivo se mantenga horizontal. De esta manera, las rectas que se van a proyectar serán paralelas al plano de proyección y mantendrán su paralelismo en la proyección.

Se ha elegido como plano geometral, el plano paralelo al plano del horizonte, por definición, que pasa por el punto más bajo de la copa del acebo a ras de suelo. Siendo por tanto la línea de tierra también paralela a las rectas que se van a proyectar. El plano sobre el que se va a proyectar es el plano central de la cepa de acebo considerada.

Con la definición de estos planos y los fundamentos básicos de la perspectiva cónica se puede entender las mediciones realizadas y sus fundamentos, no se profundiza más en las bases teóricas de este tema ya que en cualquier libro de geometría descriptiva pueden encontrarse todo el proceso de proyección y medición en este sistema de representación.

ANEXO 7.

Selección de cepas.

7.1. Ficha de campo para la selección de cepas

Fecha de selección:

LOCALIZACION

Clave de identificación:

Término municipal:

Monte:

Coordenadas UTM:

Propietario del monte:

CARACTERISTICAS FISIOGRAFICAS

Altitud:

Pendiente:

Orientación:

CARACTERISTICAS DASOMETRICAS

Anchura total de la mata:

Altura:

Diámetros pie central:

Diámetro medio:

Edad:

CARACTERÍSTICAS DE SELECCIÓN

1.- Accesibilidad (Puntuar de 1(muy mala) a 5(muy buena)):

2.- Sexo:

3.- Crecimiento (Medido a 1,3 m).

	1	2	3	4	5	Media
Norte						
Este						
Sur						
Oeste						
Crecimiento Medio						

4.- Vistosidad de la hoja (Nº de pinchos/ Longitud de la hoja a 1,5 - 2m).

	1	2	3	4	5	Media
Norte						
Este						
Sur						
Oeste						
Valor Medio						

5.- Longitud con frutos (Medida a 1,3 m)

1	2	3	4	5	Media
---	---	---	---	---	-------

Norte						
Este						
Sur						
Oeste						
					<i>Longitud Media</i>	

6.- Número de frutos/Longitud de la ramilla (Medido a 1,5 - 2 m)

	1	2	3	4	5	Media
Norte						
Este						
Sur						
Oeste						
					<i>Valor Medio</i>	

7.- Estado fitosanitario (Anotar si se aprecian daños o heridas):

8.- Vigor (Existencia de ramas secas o puntiseado en la copa, existencia de troncos muertos en el interior de la cepa)

9.- Diferenciación:

■ Porcentaje del perímetro claramente identificable:

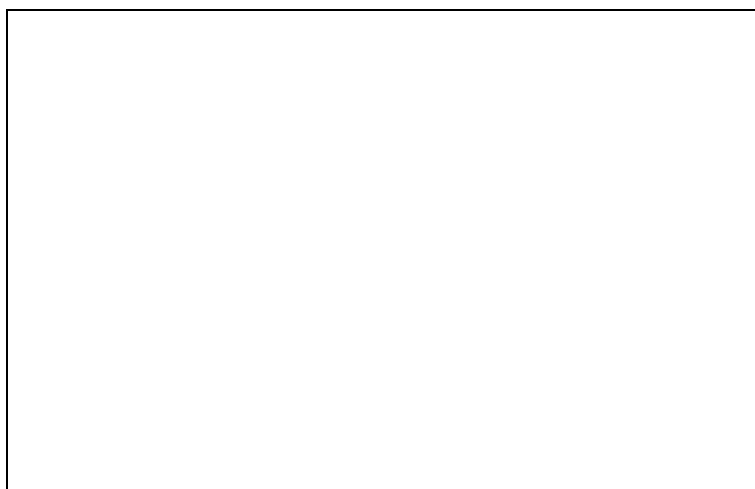
■ Porcentaje del perímetro utilizable:

10.- VALORACIÓN Y PONDERACIÓN.

<i>CRITERIO VALORADO</i>	<i>VALOR MEDIO</i>	<i>PUNTUACIÓN</i>
1.- Accesibilidad		
2.- Sexo		
3.- Crecimiento		

4.- Vistosidad hoja		
5.- Longitud frutos		
6.- N° frutos		
7.- Estado fitosanitario		
8.- Vigor		
9.- Diferenciación		

CROQUIS LOCALIZACION



OBSERVACIONES:

FOTOGRAFÍA DEL CLON:

PORCENTAJE DE ENRAIZAMIENTO:

7.3. Altura, diámetro, crecimiento longitudinal y esbeltez de los clones seleccionados en la Fase de Campo.

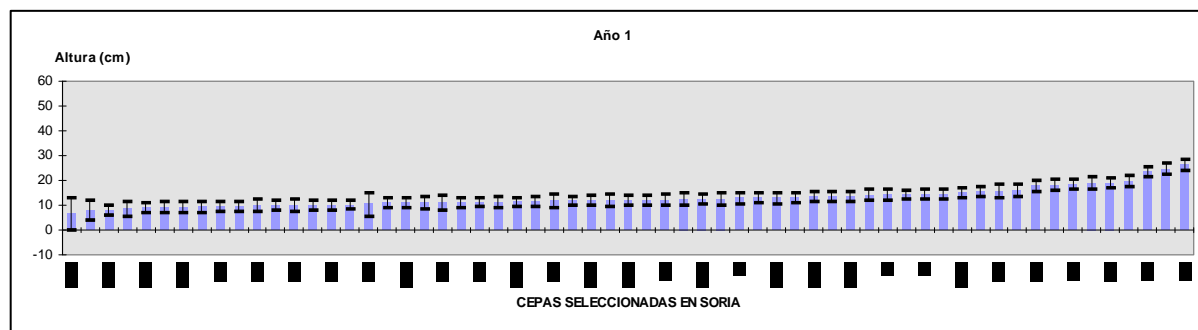


Figura 6.8. Altura media e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Soria en el 1^{er} año en campo

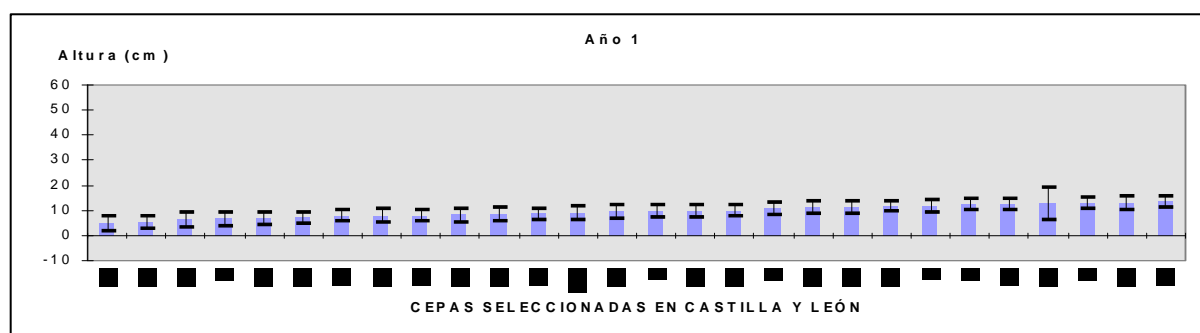


Figura 6.9. Altura media e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Castilla y León en el 1^{er} año en campo

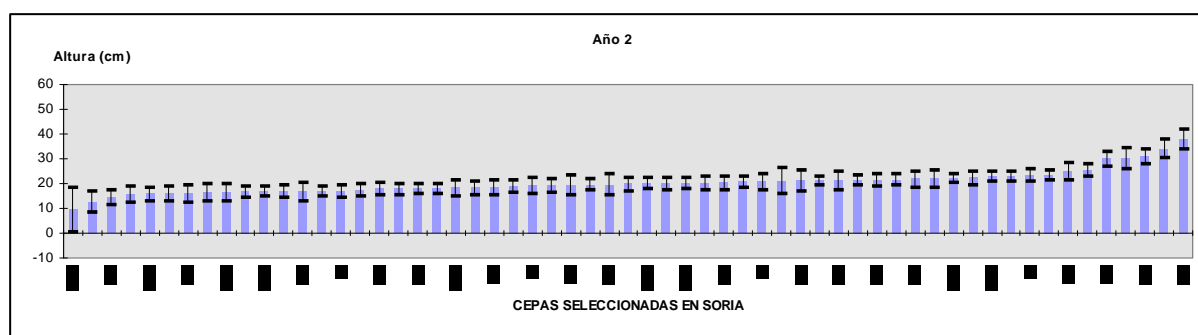


Figura 6.10. Altura media e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Soria en el 2^o año en campo.

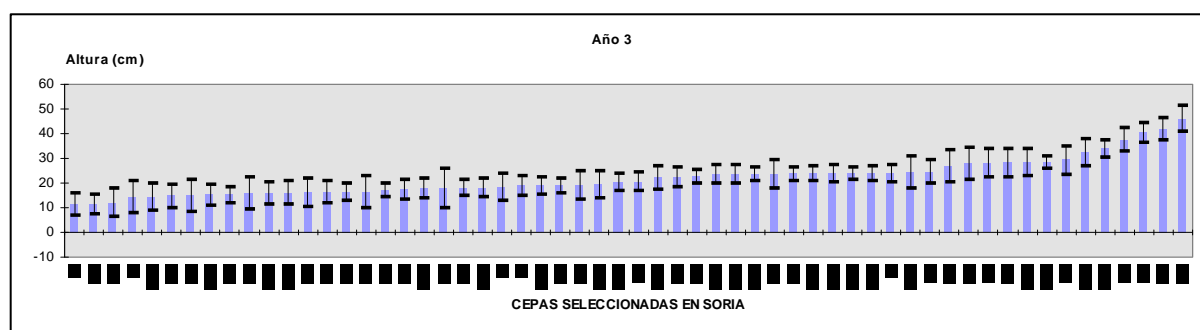


Figura 6.11. Altura media e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Soria en el 3^{er} año en campo

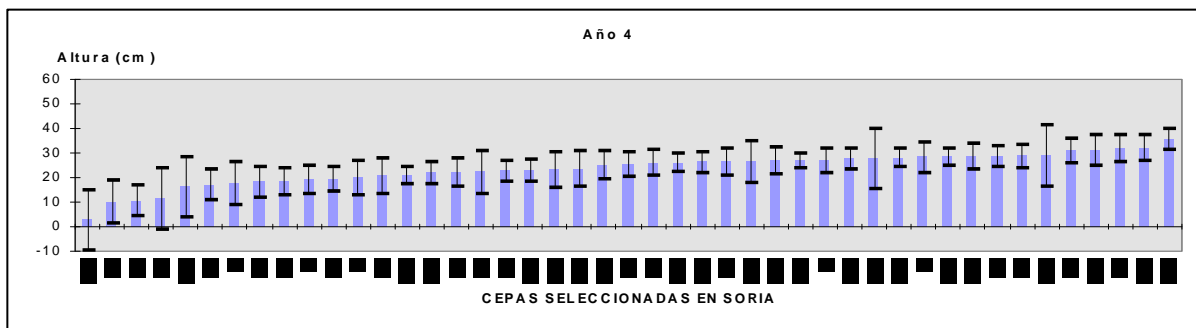


Figura 6.12 Altura media e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Soria en el 4º año en campo

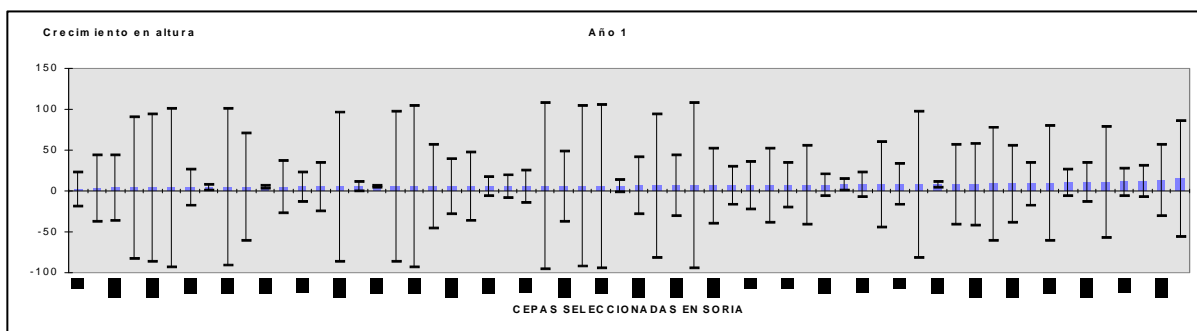


Figura 6.13. Crecimiento medio en altura e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Soria en el 1º año en campo

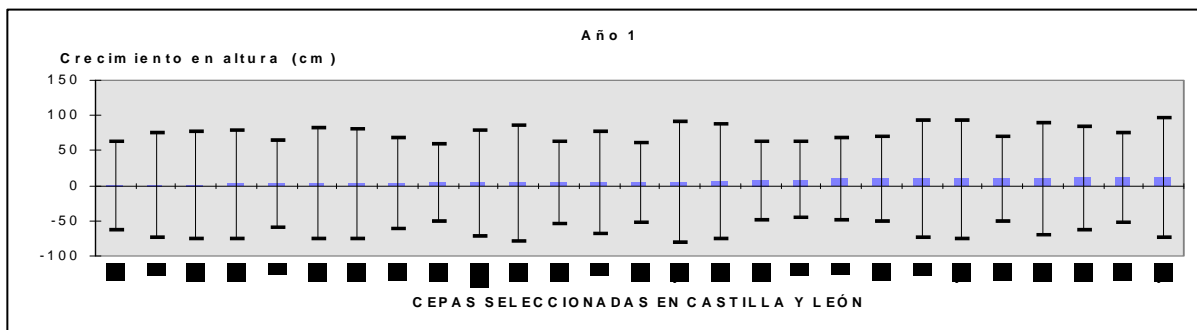


Figura 6.14. Crecimiento medio en altura e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Castilla y León en el 1º año en campo

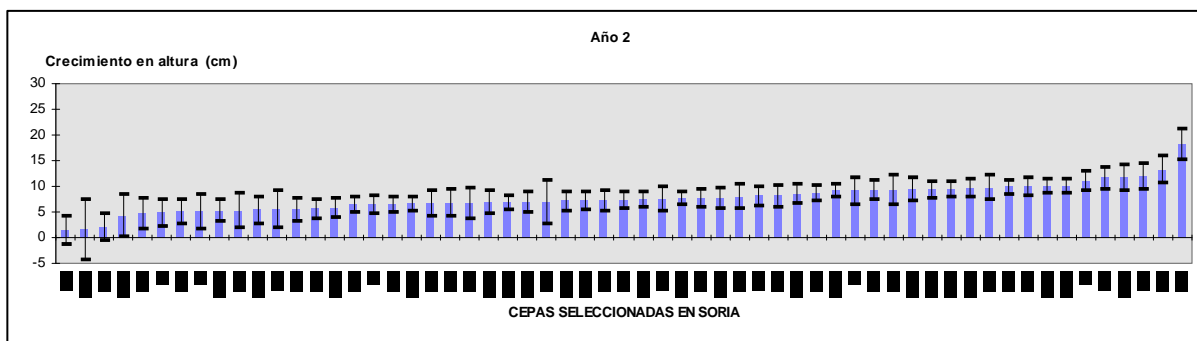


Figura 6.15. Crecimiento medio en altura e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Soria en el 2º año en campo

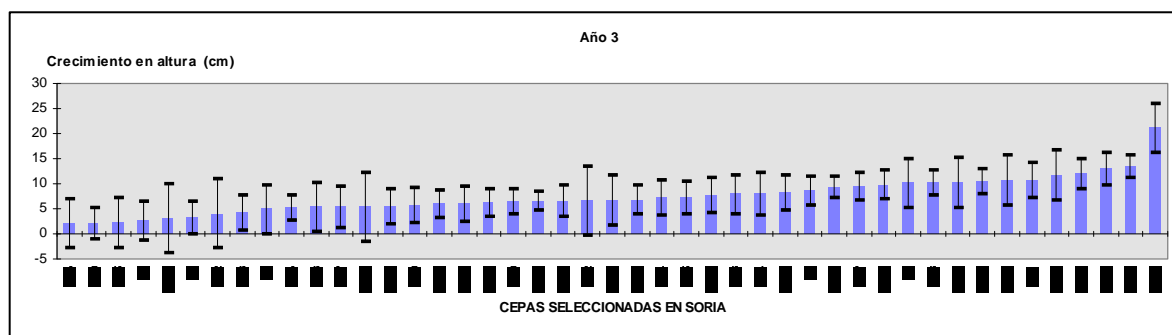


Figura 6.16. Crecimiento medio en altura e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Soria en el 3^{er} año en campo

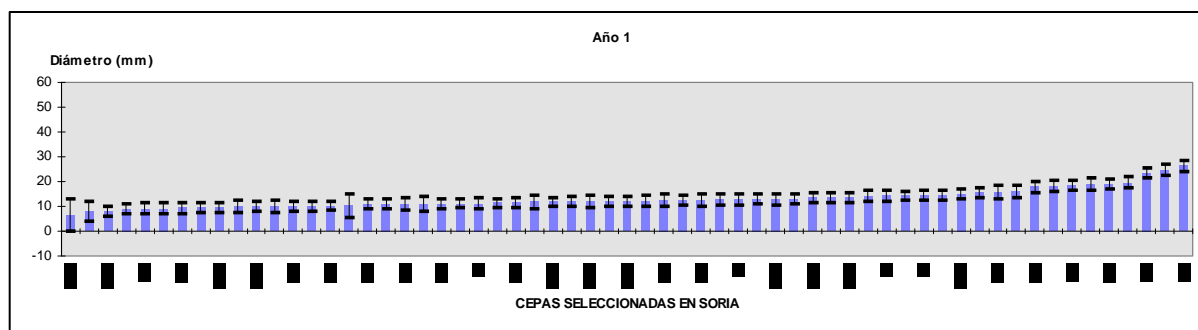


Figura 6.17 Diámetro medio e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Soria en el 1^{er} año en campo

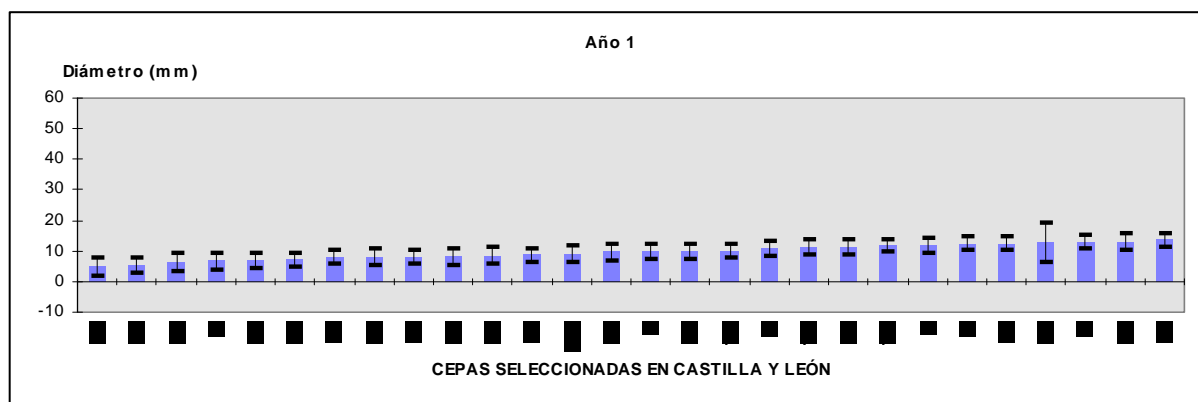


Figura 6.18 Diámetro medio e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Castilla y León en el 1^{er} año en campo

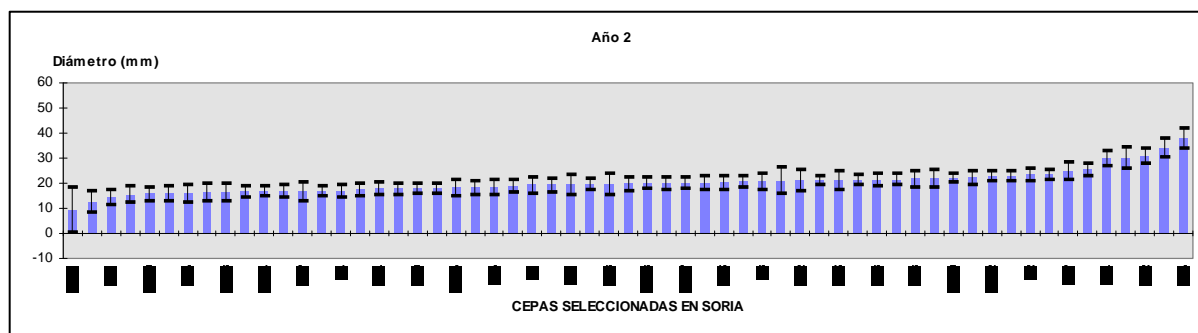


Figura 6.19. Diámetro medio e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Soria en el 2^o año en campo

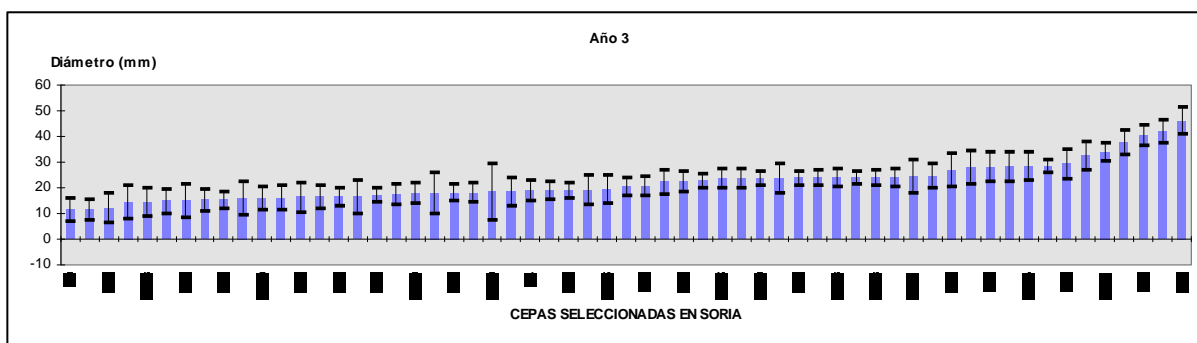


Figura 6.20. Diámetro medio e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Soria en el 3^{er} año en campo

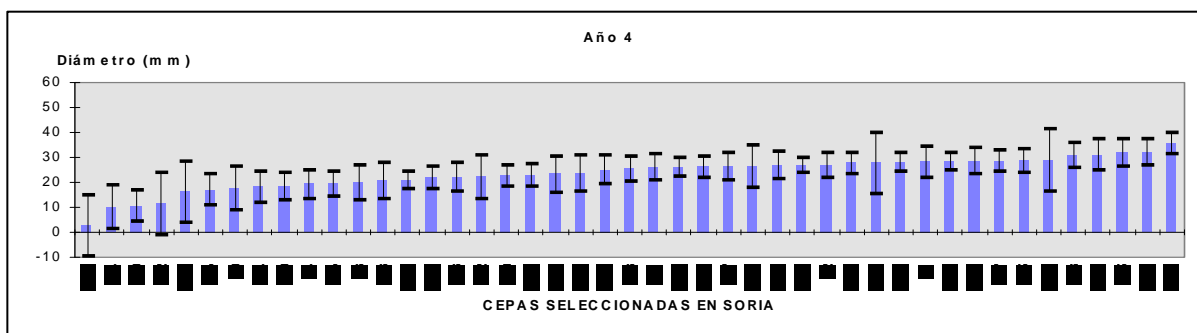


Figura 6.21. Diámetro medio e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Soria en el 4^o año en campo

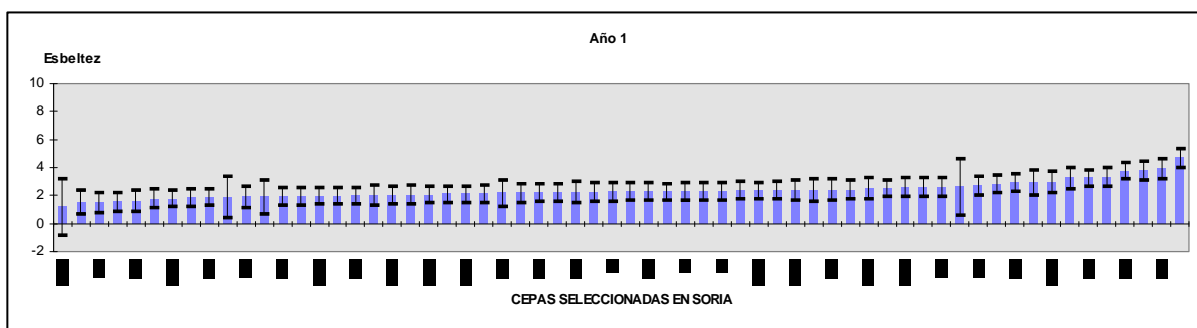


Figura 6.22. Esbeltez media e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Soria en el 1^{er} año en campo

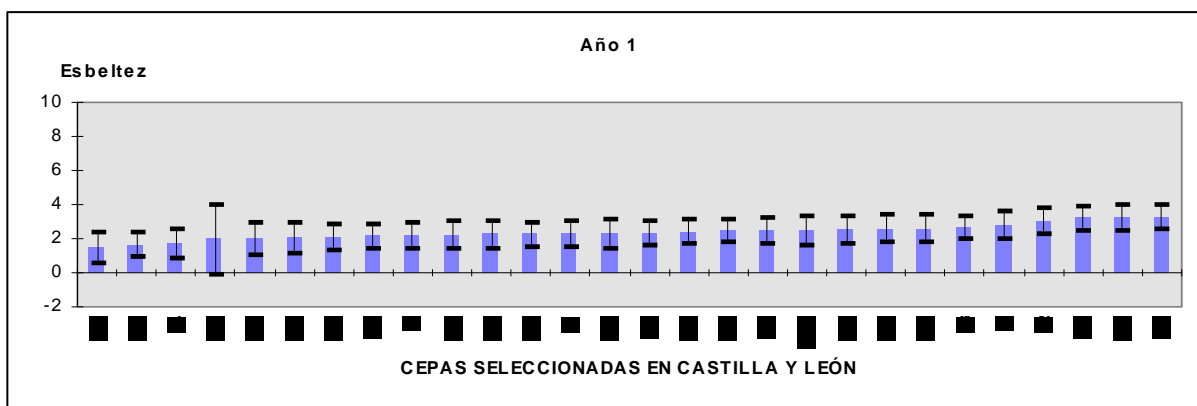


Figura 6.23. Esbeltez media e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Castilla y León en el 1^{er} año en campo

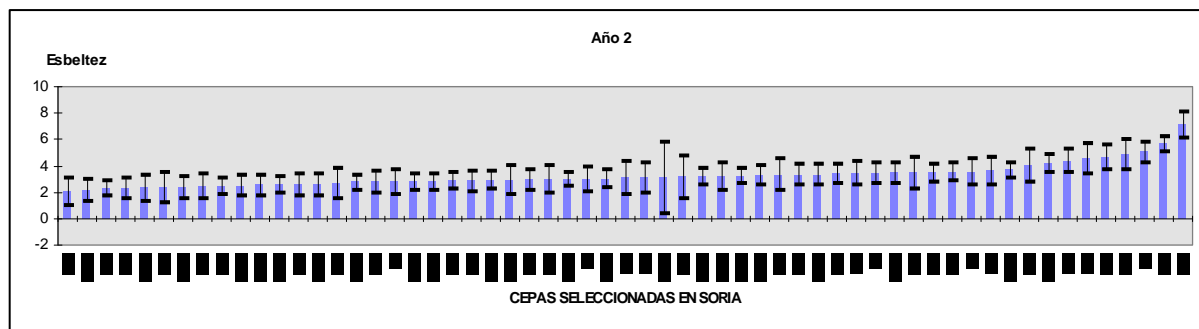


Figura 6.24. Esbeltez media e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Soria en el 2º año en campo

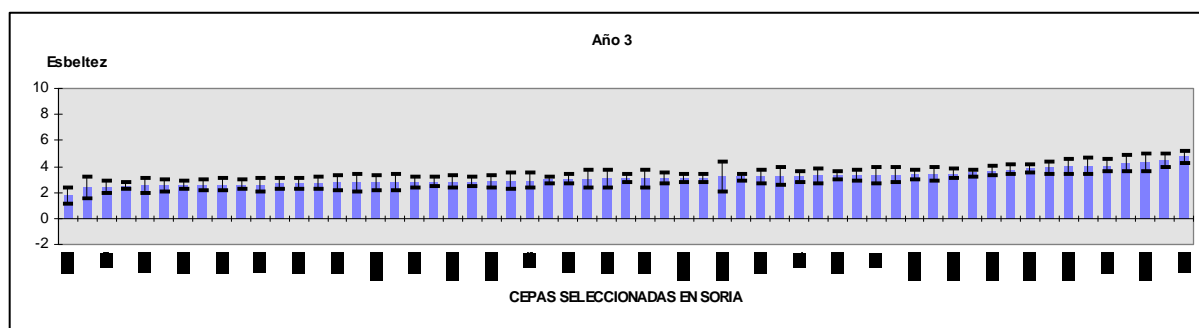


Figura 6.25. Esbeltez media e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Soria en el 3º año en campo

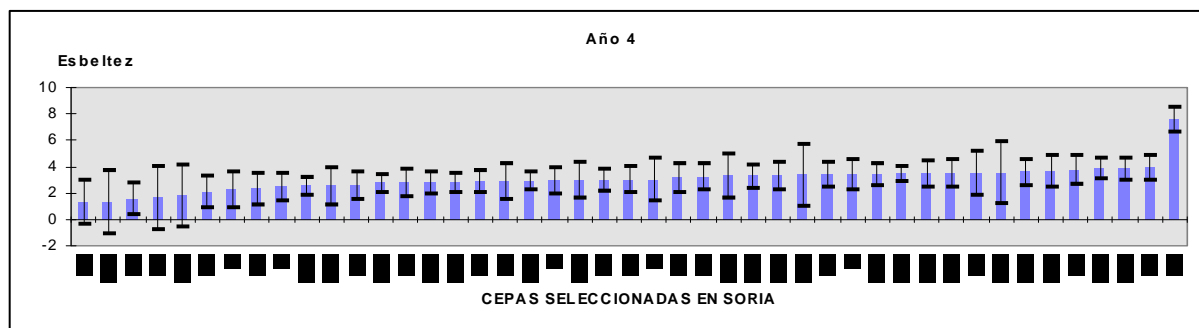


Figura 6.26. Esbeltez media e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Soria en el 4º año en campo

7.2.- Altura, diámetro, crecimiento longitudinal y esbeltez de los clones seleccionados en la Fase de Vivero.

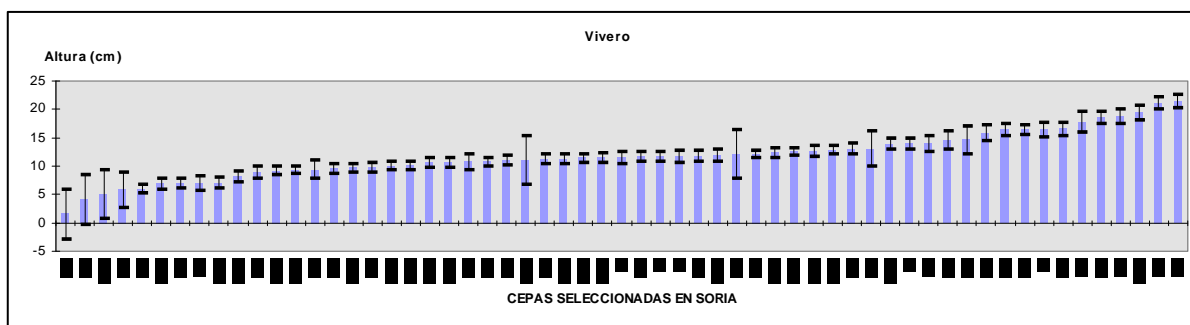


Figura 6.1. Altura media e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Soria en la fase de vivero.

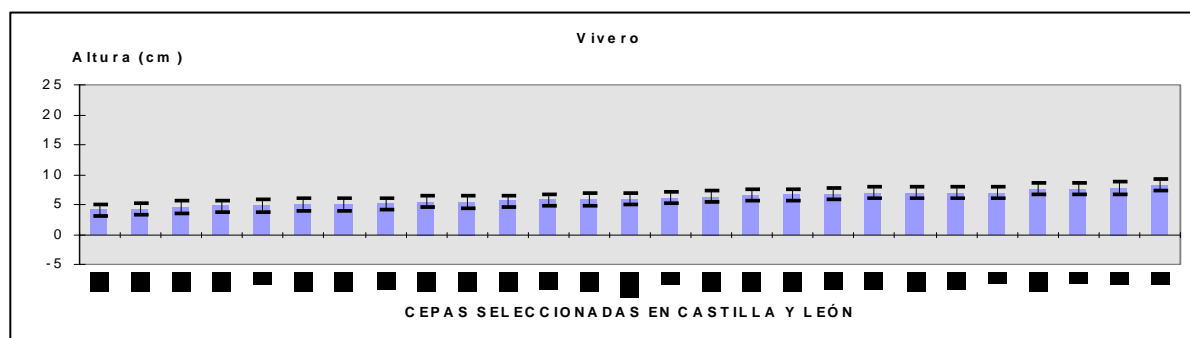


Figura 6.2. Altura media e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Castilla y León en la fase de vivero.

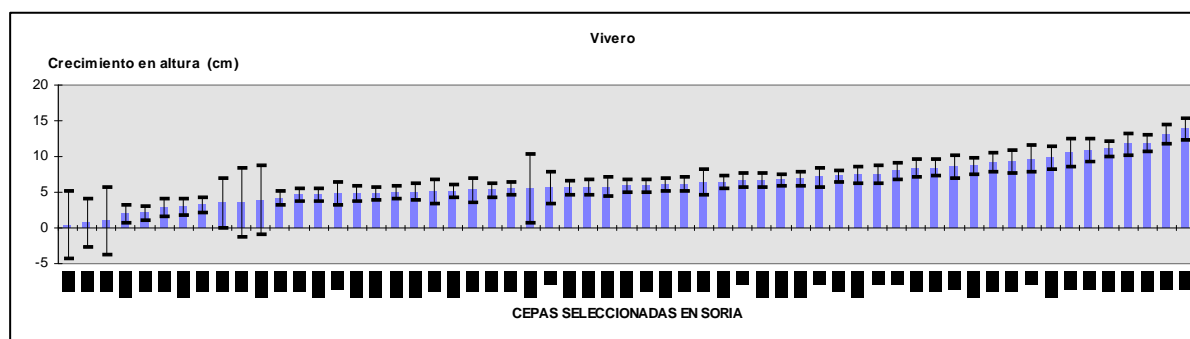


Figura 6.3 Crecimiento medio en altura e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Soria en la fase de vivero.

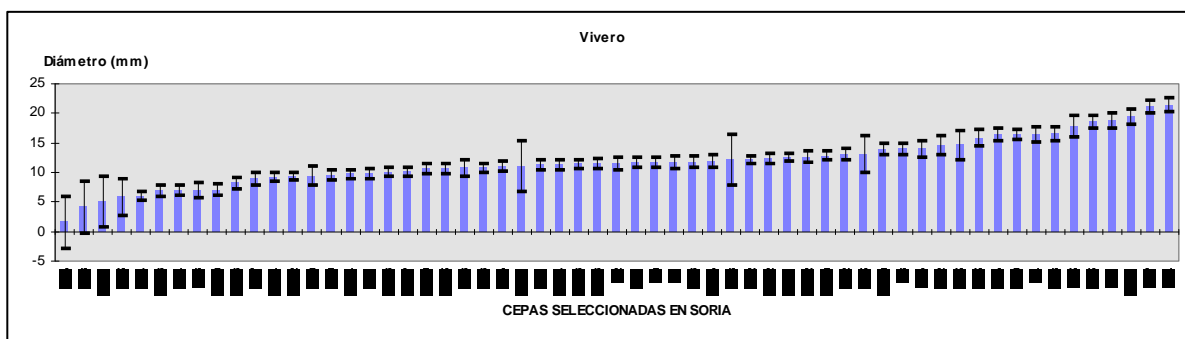


Figura 6.4. Diámetro medio e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Soria en la fase de vivero.

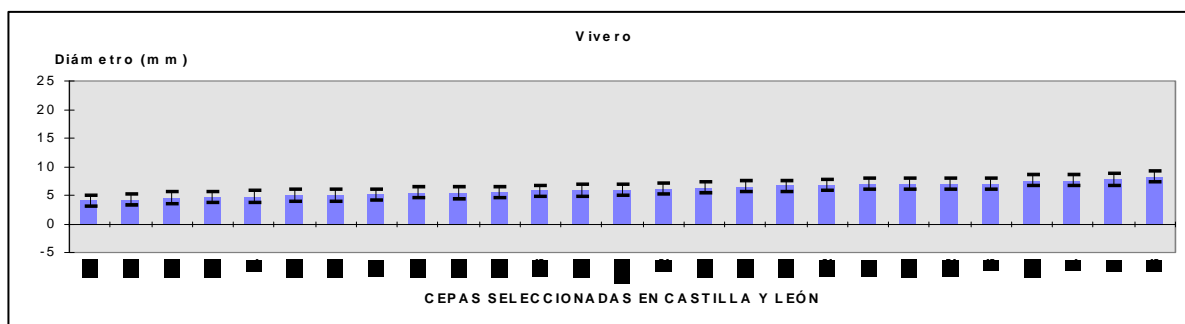


Figura 6.5. Diámetro medio e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Castilla y León en la fase de vivero.

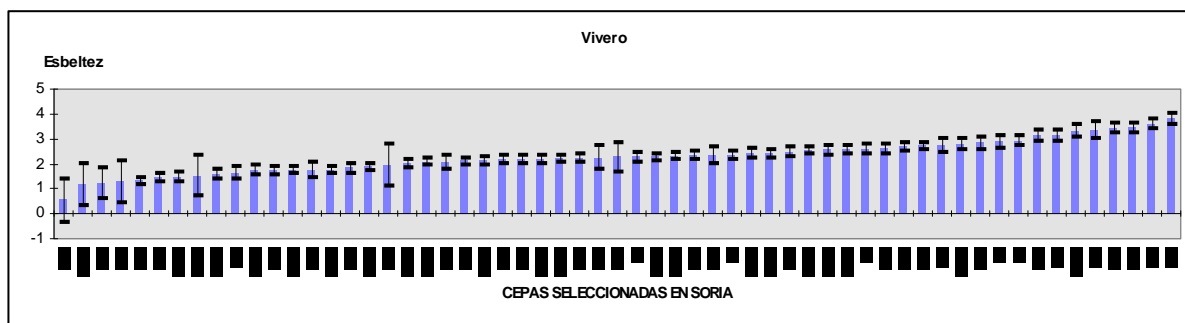


Figura 6.6. Esbeltez media e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Soria en la fase de vivero.

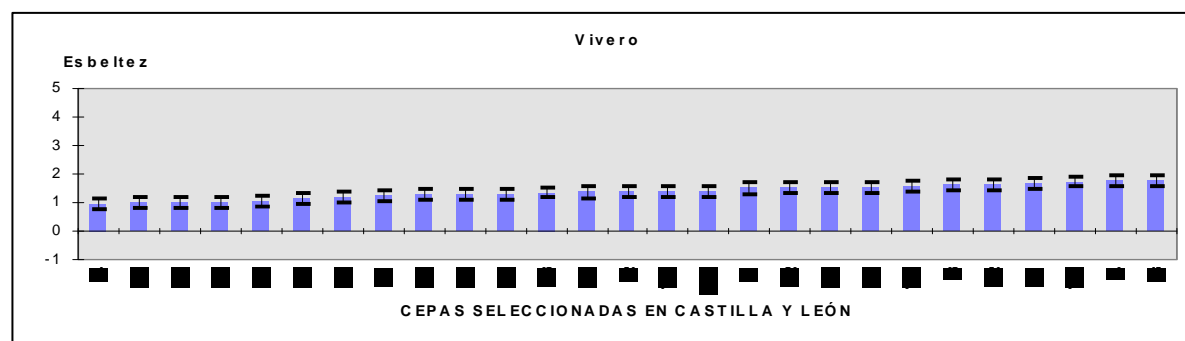


Figura 6.7. Esbeltez media e intervalo de confianza para la media de los clones seleccionados en Castilla y León en la fase de vivero.

ANEXO 8.

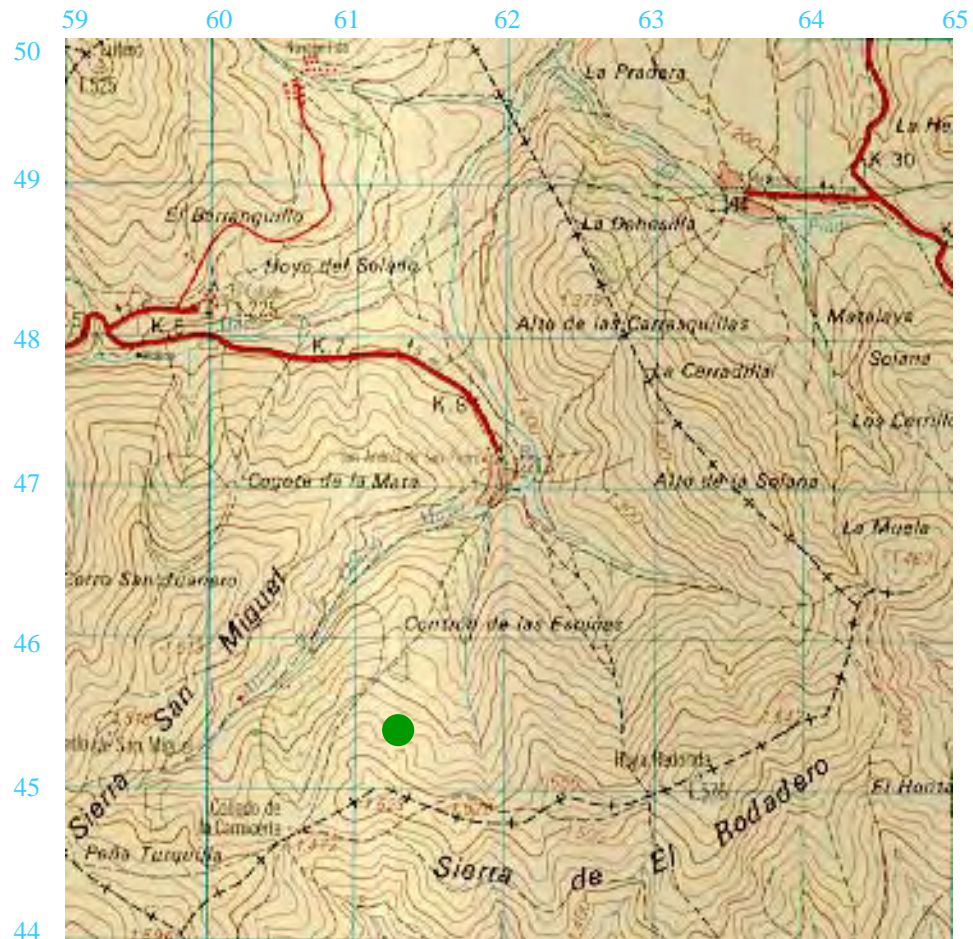
Plantaciones.

8.2. Modelo de base de datos de las plantaciones experimentales.

PLANTACIO	CUADRICUL	AÑO	FECHA	CLON	N_ACEB	ENRAIZAMI	FPLANTACI	RIP	ALTUR	CRE_ANUA	DIAMETR	N-	OBSERVACION	2-	FLOR
ALCARAMA	A-10	0	97	G9	9	P-95	4-97		9	1	4				
ALCARAMA	A-10	1	98	G9	9	P-95	4-97		6	0	3	1			
ALCARAMA	A-10	2	98	G9	9	P-95	4-97		11		3				
ALCARAMA	A-12	0	97	GH28	28	P-95	4-97	4-98	3		3				
ALCARAMA	A-12	1	98	GH42		P-96	4-98		13	5	4.5	2			
ALCARAMA	A-5	0	97	GH42	5	P-95	4-97		6	2	4				
ALCARAMA	A-5	1	98	GH42	5	P-95	4-97		5	0	5	1			
ALCARAMA	A-5	2	98	GH42	5	P-95	4-97		5		6				
ALCARAMA	A-6	0	97	AH1	61	P-95	4-97		9	2.5	5	1			
ALCARAMA	A-6	1	98	AH1	61	P-95	4-97		8	3	5	2			
ALCARAMA	A-6	2	98	AH1	61	P-95	4-97		13		4	1			
ALCARAMA	A-9	0	97	VH12	24	P-95	4-97		10	2	6				
ALCARAMA	A-9	1	98	VH12	24	P-95	4-97		7	0	5	1			
ALCARAMA	A-9	2	98	VH12	24	P-95	4-97		18		4				
ALCARAMA	B-1	0	97	CH6	58	P-95	4-97		10	5	5				
ALCARAMA	B-1	1	98	CH6	58	P-95	4-97		9	0	4	1			
ALCARAMA	B-1	2	98	CH6	58	P-95	4-97	11-98							
ALCARAMA	B-10	0	97	CH1	25	P-95	4-97		9	3	6				
ALCARAMA	B-10	1	98	CH1	25	P-95	4-97		10	0	6	1			
ALCARAMA	B-10	2	98	CH1	25	P-95	4-97		23		6	2			
ALCARAMA	B-12	0	97	CH61	8	P-95	4-97	10-97	6	3	4				
ALCARAMA	B-12	1	97	GH28		P-96		4-98					NO REPUESTO		
ALCARAMA	B-12	1	98	VH12		P-96	4-98		7	0	6	1			
ALCARAMA	B-12	2	98	VH12		P-96	4-98		23		4	1			
ALCARAMA	B-14	0	97	GH38	4	P-95	4-97		7	4	6				
ALCARAMA	B-14	1	98	GH38	4	P-95	4-97		8	3	5.5	1			
ALCARAMA	B-14	2	98	GH38	4	P-95	4-97		11		5	1			
ALCARAMA	B-16	0	97	GH42	27	P-95	4-97		5	2.5	3				
ALCARAMA	B-16	1	98	GH42	27	P-95	4-97		3	0	5	1			
ALCARAMA	B-16	2	98	GH42	27	P-95	4-97		10		4				
ALCARAMA	B-2	0	97	G3	5	P-95	4-97		14	5	4				

8.3.- Localización de las plantaciones experimentales.

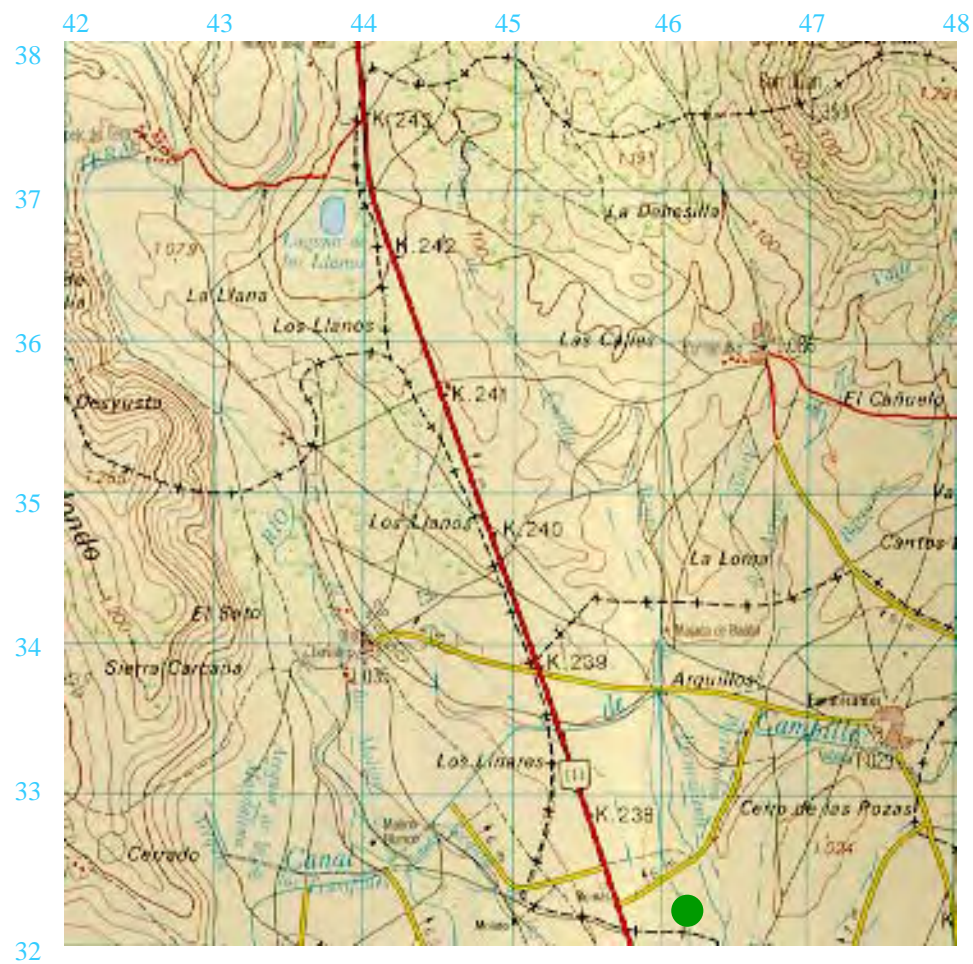
SAN ANDRÉS DE SAN PEDRO



● Plantación experimental de acebo.

Hoja nº 318. Mapa militar de España. Escala 1:50.000. Servicio Geográfico del Ejército.

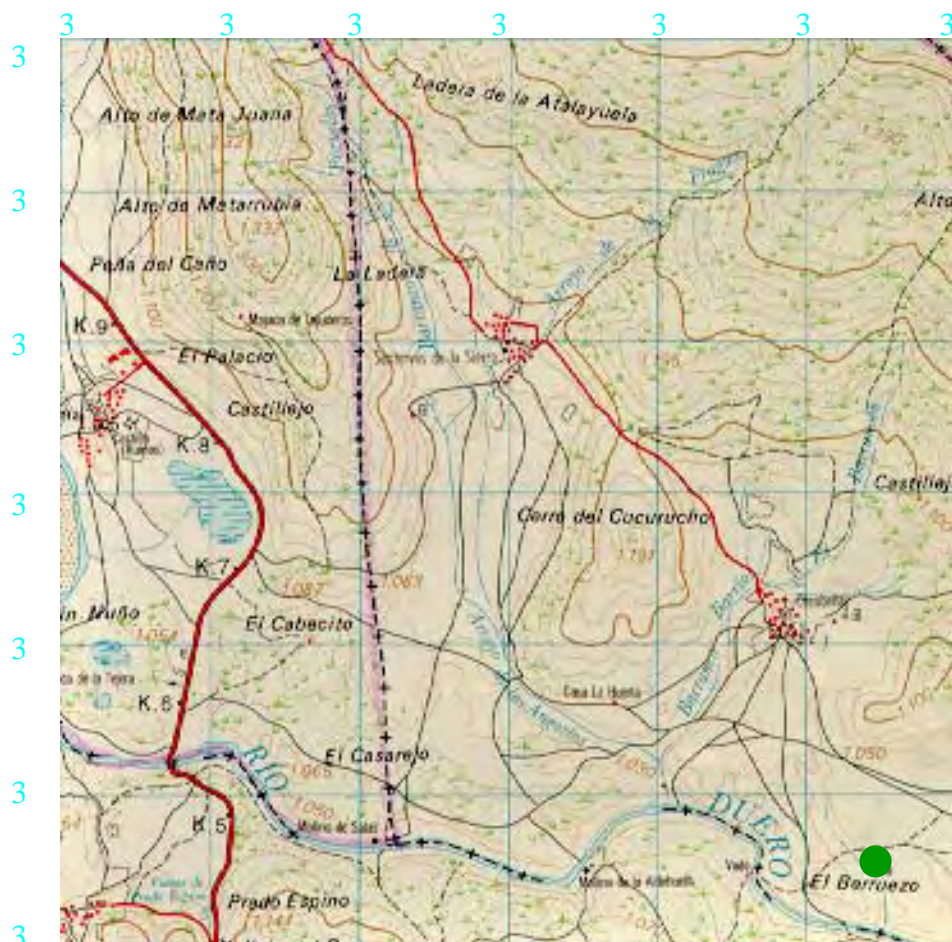
FUENTECANTOS



● Plantación experimental de acebo.

Hoja nº 318. Mapa militar de España. Escala 1:50.000. Servicio Geográfico del Ejército.

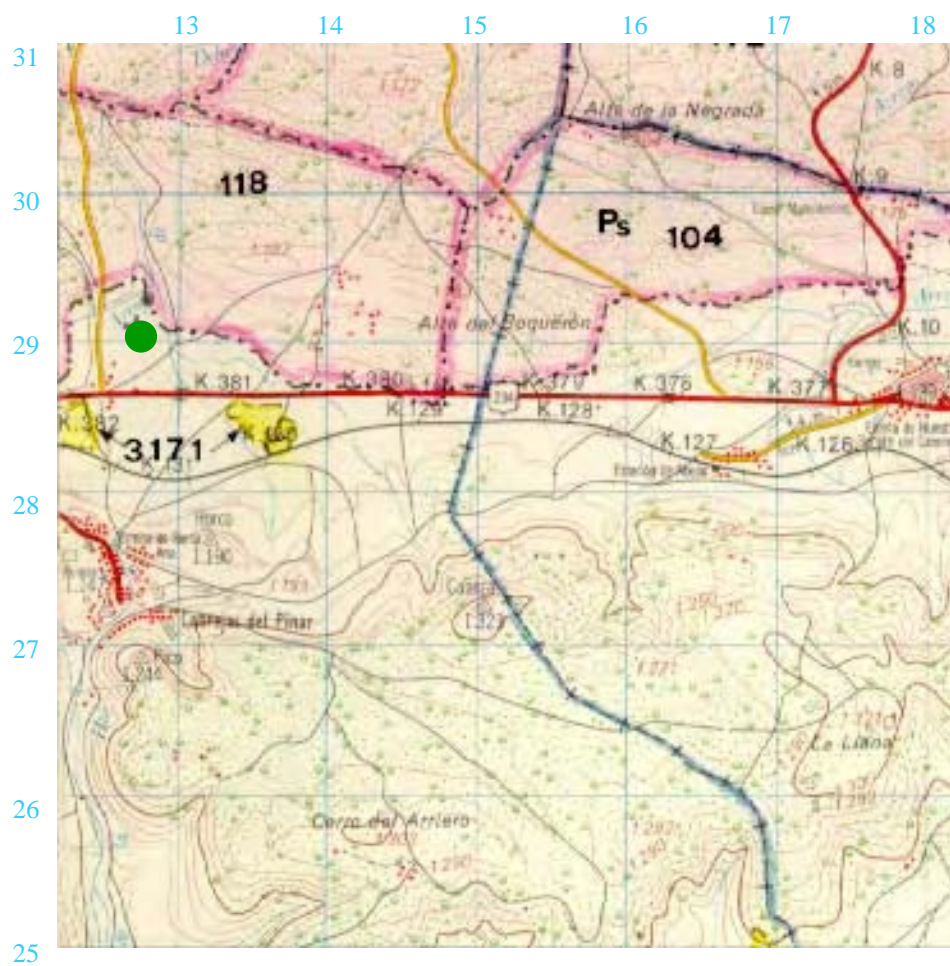
CANREDONDO.



● Plantación experimental de acebo.

Hoja nº 317. Mapa militar de España. Escala 1:50.000. Servicio Geográfico del Ejército.

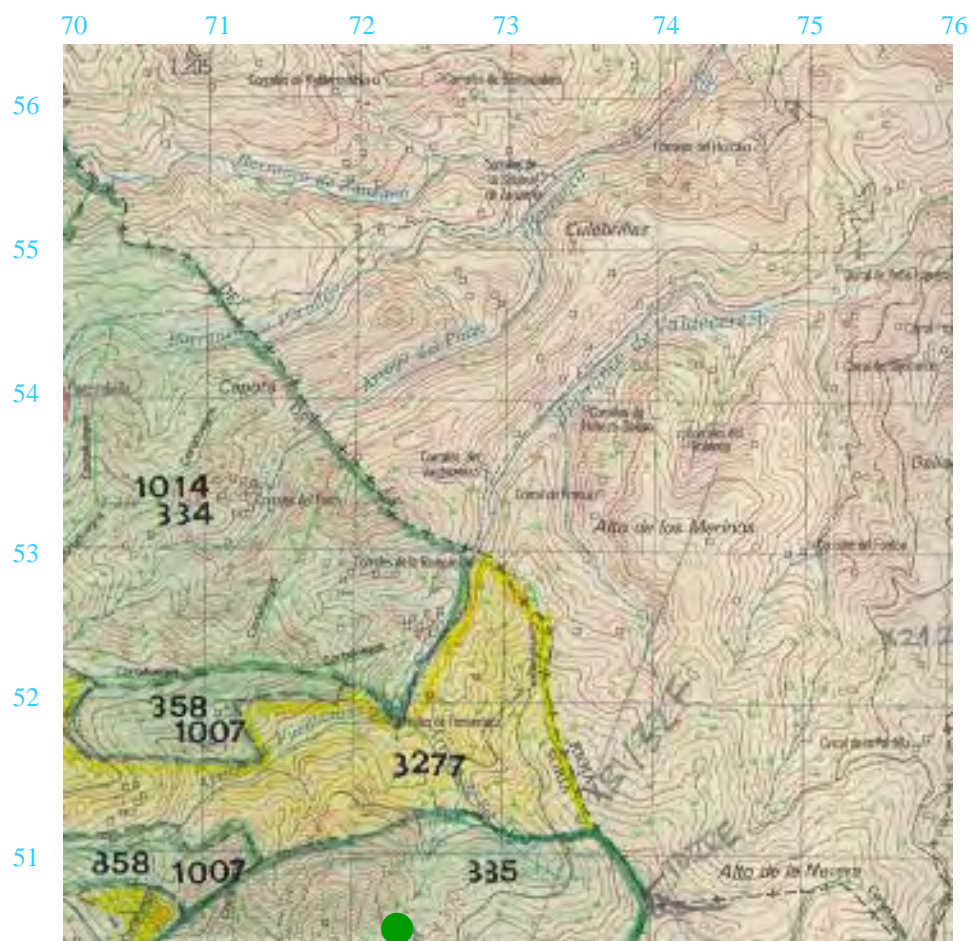
CABREJAS



● Plantación experimental de acebo.

Hoja nº 349. Mapa militar de España. Escala 1:50.000. Servicio Geográfico del Ejército.

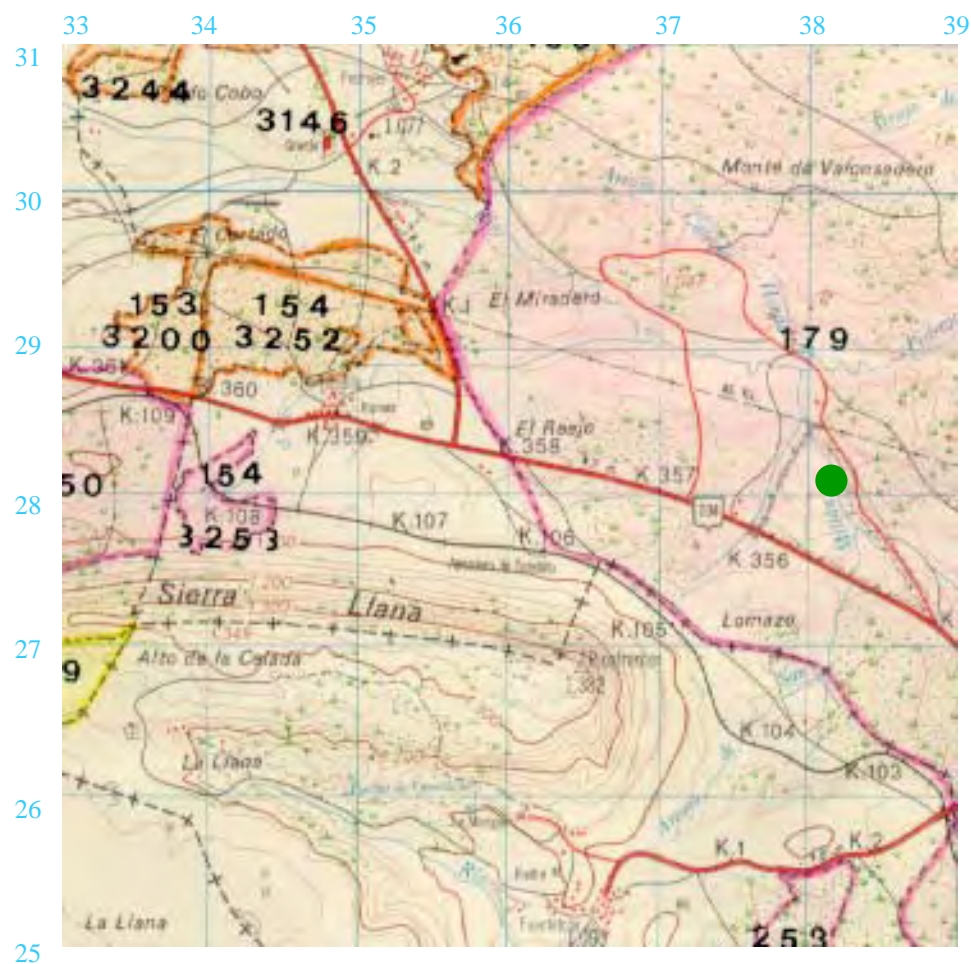
ALCARAMA



● Plantación experimental de acebo.

Hoja nº 281. Mapa militar de España. Escala 1:50.000. Servicio Geográfico del Ejército.

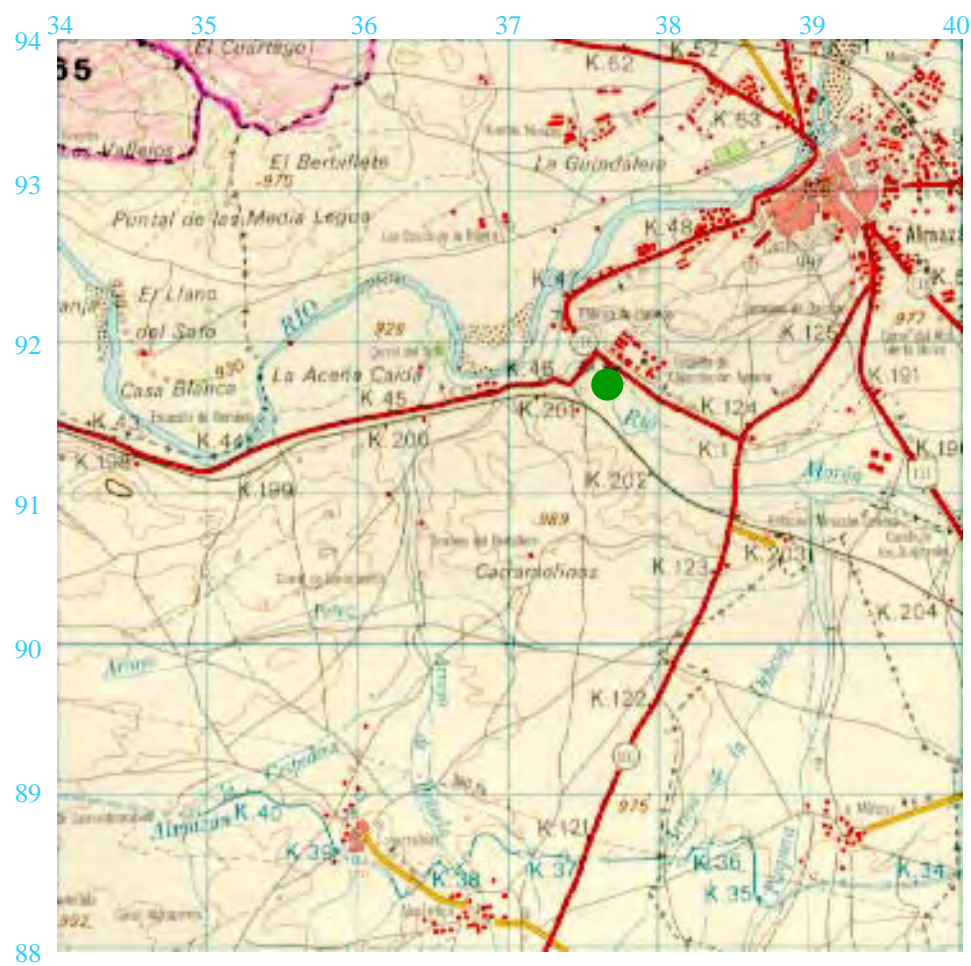
VIVERO DE VALONSADERO



● Plantación experimental de acebo.

Hoja nº 349. Mapa militar de España. Escala 1:50.000. Servicio Geográfico del Ejército.

ALMAZÁN



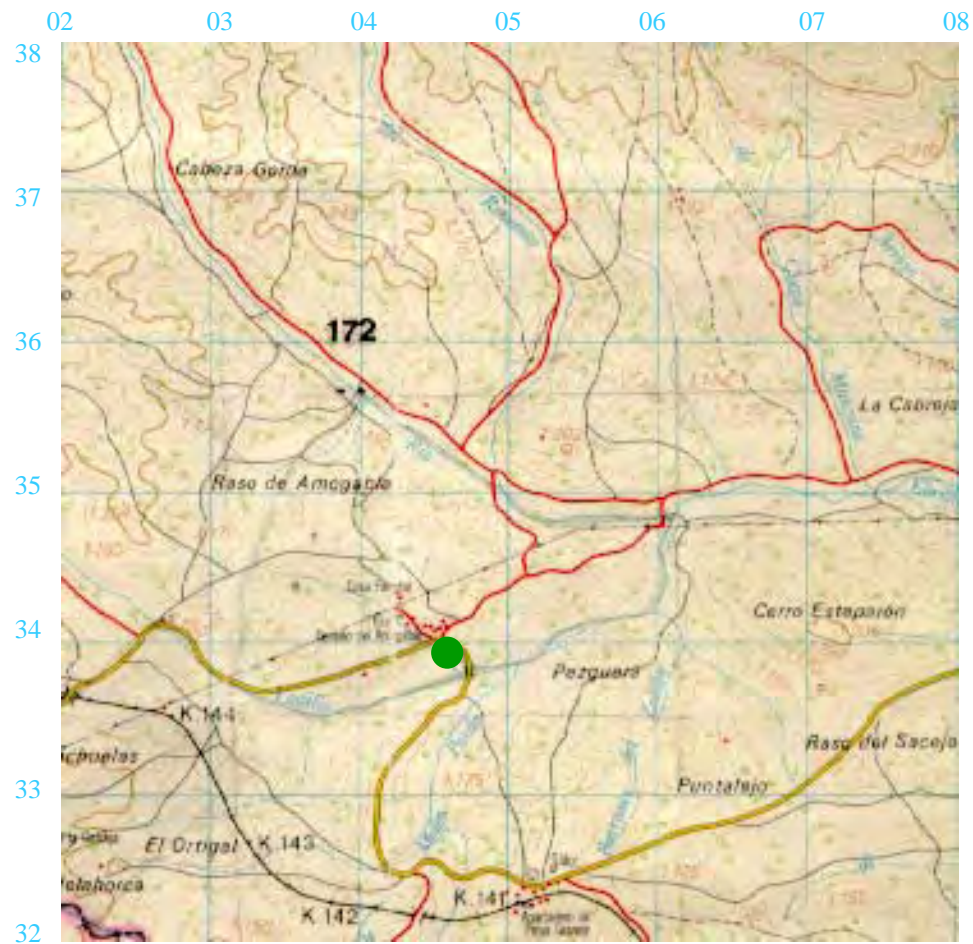
● Plantación experimental de acebo.

Hoja nº 406. Mapa militar de España. Escala 1:50.000. Servicio Geográfico del Ejército.

- Plantación experimental de acebo.

Hoja nº 349. Mapa militar de España. Escala 1:50.000. Servicio Geográfico del Ejército.

VIVERO DE “EL AMOGABLE”



- Plantación experimental de acebo.

Hoja nº 316. Mapa militar de España. Escala 1:50.000. Servicio Geográfico del Ejército.

ALMARZA



● Plantación experimental de acebo.

Hoja nº 318. Mapa militar de España. Escala 1:50.000. Servicio Geográfico del Ejército.

8.4. Medio físico de la plantaciones.

SAN ANDRÉS DE SAN PEDRO

1.- Descripción de la plantación.

Esta plantación se ha realizado en terrenos particulares acogidos a las subvenciones de abandono de tierras marginales de la agricultura de la P.A.C. Tiene como objetivo la recuperación de la cubierta arbórea con acebo y otras especies en tierras agrícolas en las que se ha abandonado el cultivo, y a largo plazo la recogida de ramilla ornamental para su comercialización en Navidad. Fue instalada en abril de 1995.

La plantación experimental de acebo ocupa una extensión de 1,1 ha, con 275 plantas de acebo, y forma parte una finca mayor, con 5 ha, que se ha repoblado con roble (*Q. pyrenaica*), acebo, cerezo (*Prunus avium*), y arce (*A. campestre*).

La preparación del terreno se realizó mediante subsolado lineal con doble pasada y los acebos se pusieron a un marco de 6 x 6m, no se ha colocado ningún tipo de protector y no se realizan trabajos culturales en ella exceptuando las reposiciones de marras. La parcela se valló en primavera de 1996 para evitar la entrada del ganado, muy abundante en la zona.

2.- Localización y situación geográfica

Se localiza cartográficamente en la hoja nº 318, correspondiente a Almarza, del mapa militar de España escala 1:50.000 del Servicio Geográfico del Ejército, en el término municipal de San Andrés de San Pedro (Soria). Sus coordenadas U.T.M. son 30TWM612455, está a una altitud de 1440 m y pertenece a la cuenca hidrográfica del Ebro.

3.- Fisiografía

Esta plantación se encuentra en las sierras ibéricas del nordeste, es la zona ibérica montañosa de menor altitud pero con desniveles internos mayores. Tiene mayor proximidad y relación con la depresión del Ebro, con alineaciones paralelas al cauce del río, NW-SE.

Nuestra plantación se halla situada prácticamente en la cresta de la cuerda que une el puerto de Oncala con las sierras del nordeste del Sistema Ibérico. Tiene una pendiente media del 10-15% y está orientada al NW.

4.- Geología y litología.

Los terrenos son areniscas con niveles calizos del Jurásico MALM Facies Purbeck-Weald Kimm eridgiense. Pertenecen al Grupo de Oncala, concretamente al subgrupo de facies detrítica, que representa unas características sedimentarias distintas al resto del grupo con sucesivas etapas de llegada de aportes a lo largo del tiempo de las series de otros sectores.

Este tramo está compuesto por cuarzoarenitas, arenitas limosas, limolitas y niveles calizos que disminuyen considerablemente hacia el NO. En los niveles detríticos se observa laminación paralela y a veces cruzada, en general mal definida; en las calizas aparecen aunque escasos restos de oonolitos y talos de Charáceas y Ostracodos. La potencia, aunque muy variable, puede estimarse alrededor de los 70 m como máximo.

5.- Características edafológicas

Los datos se han tomado de una calicata realizada en el lugar de la plantación.

Características edáficas más importantes

El pH del perfil estudiado es 6,01, que según la clasificación de Wilde corresponde a un suelo moderadamente ácido. La capacidad total de retención de agua obtenida es de 203,9 mm/m y la permeabilidad global de 2,9.

La caliza activa en el perfil es 0,8; según la clasificación de Gandullo corresponde a un suelo totalmente descarbonatado, sin caliza en roca, siendo por tanto, un suelo silíceo.

La composición granulométrica ponderada del perfil es la siguiente:

Composición granulométrica	
% de arena	30,55
% de limo	49,58
% de arcilla	19,87

Según su textura se trata de un suelo franco-limoso de la clase VIIIb.

Clasificación del suelo

Los horizontes de identificación que aparecen son los siguientes:

Horizonte	Identificación	Horizonte de diagnostico
1	A	H. Ócrico
2	B	-
3	B/C	-
4	C	-

La clasificación del suelo según la F.A.O. es un Regosol eutrico. Este tipo de suelos se caracterizan por su pequeño grado de desarrollo, son suelos que se han generado por erosión, evolución regresiva o por un laboreo profundo del terreno. Se generan en zonas de cuestras.

6.- Características climáticas

Los datos climáticos utilizados para las características climáticas de la parcela se han tomado de las estaciones meteorológicas de San Pedro Manrique (precipitaciones) y Barriomartín Molino Piqueras (temperaturas), y han sido adaptados al monte según los gradientes altitudinales de la atmósfera (GANDULLO, 1994). Con ellos se ha elaborado el siguiente climodiagrama de Gaussen-Walter para la plantación.

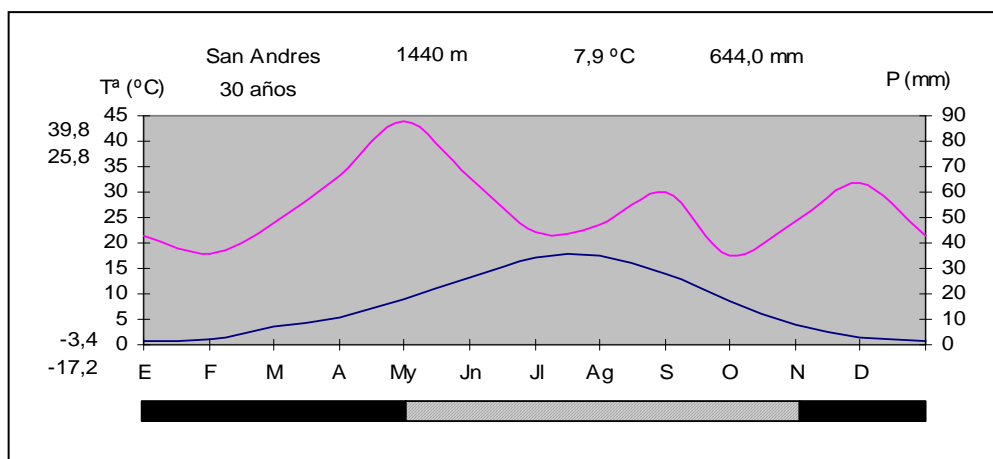


Figura 3.11. Climodiagrama de Walter-Gaussen de la plantación de San Andrés de San Pedro.

Nos encontramos en una zona de clima mediterráneo, la temperatura media anual es de 7,9°C y la precipitación media anual de 644 mm, siendo la mayoría de las precipitaciones en primavera y sin periodo de sequia estival. Se encuentra en un piso supramediterráneo superior, de ombroclima subhúmedo, con invierno frío y un periodo de actividad vegetativa de 6 meses (RIVAS MARTÍNEZ, 1987); según la clasificación de Allué (1990) corresponde a un subtipo fitoclimático VI(VII) 13, nemoral subestepario.

7.- Vegetación

La vegetación actual de la zona, puede observarse en la dehesa del pueblo que linda con nuestra repoblación y en la vegetación residual existente en la finca antes de realizar la plantación. Aparecen cerezos (*Prunus avium*), servales (*Sorbus aucuparia*), arces (*Acer campestre* y *A. monspesulanum*), roble (*Q. pyrenaica*) y destacan algunos acebos junto a la valla de la dehesa.

La vegetación potencial de la zona corresponde a robledales de melojos (*Q. Pyrenaica*), de la serie supramediterránea carpetano-ibérico- leones y alcarreña subhúmeda silicícola de *Quercus pyrenaica* o roble melojo. *Luzulo forsteri-Querceto pyrenaicae sigmetum*.

FUENTECANTOS

1.- Descripción de la plantación.

Se trata de una parcela experimental destinada a la producción intensiva de ramilla ornamental de acebo para adorno navideño. Ocupa una extensión de 1,2 ha y tiene 324 plantas. Fue instalada en abril de 1995.

Esta plantación se encuentra situada en la zona de regadío del “Campo de Buitrago” en terrenos propiedad de la Junta de Castilla y León destinados a Campos de Experimentación Agraria.

La preparación del terreno fue un laboreo superficial con posterior subsolado cruzado, el acebo se plantó a 6 x 6 m en los puntos de cruce del subsolado. Se colocaron protectores del ganado, que además sirvieron para dar sombra a las plantas, y cobertores del terreno.

Se han realizado diversos trabajos culturales: limpieza de malas hierbas, riegos en verano y reposición de marras.

2.- Localización y situación geográfica.

Se localiza cartográficamente en la hoja nº 318, correspondiente a Almarza, del Mapa militar de España, escala 1:50.000, del Servicio Geográfico del Ejército, en el término municipal de Fuentecantos (Soria). Sus coordenadas U.T.M. son 30TWM461323, está a una altitud de 990 m y pertenece a la cuenca hidrográfica del Duero.

3.- Fisiografía.

Esta plantación se encuentra situada en El Campillo de Buitrago y Almajano, en uno de los característicos Altos Campos Sorianos Compartimentados: típicas altiplanicies sorianas, con claro origen endorreico, compartimentadas por sierras bajas cuyas alineaciones realizan la articulación entre el ramal noroccidental y oriental del Sistema Ibérico.

La parcela fue nivelada dos años antes de realizarse la plantación, por tanto, su pendiente es prácticamente nula; se halla en una zona plana, de pendientes suaves, en las terrazas cercanas al cauce del río Duero.

4.- Geología y litología.

Los materiales que aparecen en esta zona son depósitos cuaternarios fluviales, propios de la red fluvial actual y están constituidos por limos y arenas fundamentalmente, con bloques de desigual desarrollo en el fondo de los cauces. La parcela está asentada sobre materiales coluviales y otros recubrimientos superficiales indiferenciados.

5.- Características edafológicas.

Los datos se han tomado de la calicata realizada en el lugar de la plantación.

Características edáficas más importantes

El pH del perfil estudiado es 7,8, que según la clasificación de Wilde corresponde a un suelo moderadamente básico.

Su capacidad total de retención de agua calculada es de 294 mm/m y la permeabilidad global de 2,4.

La caliza activa en el perfil es 4,90; según la clasificación de Gandullo corresponde a un suelo bastante decarbonatado. La caliza en roca presente en el perfil es del 3,5 %, tratándose de un suelo calco-silíceo.

La composición granulométrica ponderada del perfil es la siguiente:

Composición granulométrica	
% de arena	33,70
% de limo	45,18
% de arcilla	21,12

Según su textura se trata de un suelo franco (VII).

Clasificación del suelo

Los horizontes de identificación que aparecen en el perfil de la calicata realizada son los siguientes:

Horizonte	Identificación	Horizonte de diagnostico
1	A	H. Ócrico
2	E	H. Albico
3	B _t	H. Argico
4	C	-

Según clasificación de suelos de la F.A.O. se trata de un Luvisol Háplico. Este tipo de suelos se caracterizan por una fertilidad media o alta y reúnen a gran parte de los suelos que se han denominado tierras pardas degradadas, suelos pardos no cálcicos, suelos rojos, terra rosa y terra fusca, típicos de zonas donde ha sido desplazado el bosque.

6.- Características climáticas.

Los datos climáticos utilizados para las características climáticas de la parcela se han tomado de las estaciones meteorológicas de Buitrago de la Sierra (precipitaciones) y Soria (temperaturas), y han sido adaptados al monte según los gradientes altitudinales de la atmósfera (GANDULLO, 1994). Con ellos se ha elaborado el siguiente climodiagrama de Gaussen-Walter para la plantación.

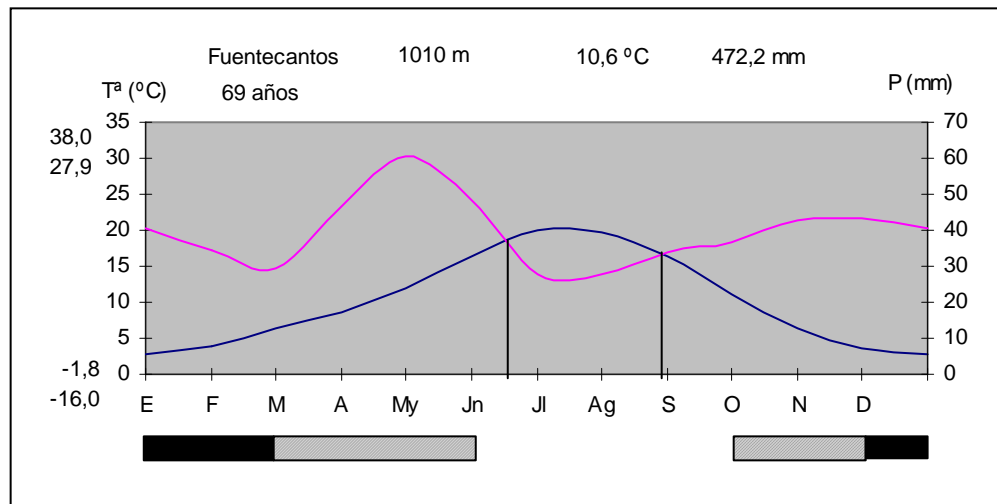


Figura 3.12. Climodiagrama de Walter-Gaussen de la plantación de Fuentecantos.

Nos encontramos en una zona de clima mediterráneo, la temperatura media anual es de 10,6 °C y la precipitación media anual de 472 mm, siendo la mayoría de las precipitaciones en primavera y con un periodo de sequía de 2 meses y medio. Se encuentra en un piso supramediterráneo medio, de ombroclima seco, con invierno frío y un periodo de actividad vegetativa de 7 meses (RIVAS MARTÍNEZ, 1987); según la clasificación de Allué (1990) corresponde a un subtipo fitoclimático VI(IV)₁ 9, nemoromediterráneo genuino.

7.- Vegetación

La plantación está situada muy cerca del límite de la dehesa de Garray, típica dehesa de *Quercus pyrenaica*, en la que empiezan a aparecer síntomas de envejecimiento de la masa por falta de regenerado y con incipiente invasión de matorrales, fundamentalmente de rosáceas. La parcela se halla rodeada de campos de cultivo agrícolas.

La vegetación potencial de la zona corresponde a robledales de melojos (*Q. Pyrenaica*), de la serie supramediterránea carpetano-ibérico- leones y alcarreña subhúmeda silicícola de *Quercus pyrenaica* o roble melojo. *Luzulo forsteri-Querceto pyrenaicae sigmetum*.

CANREDONDO.

1.- Descripción de la plantación.

Se trata de una parcela experimental de cultivo intensivo de acebo para la producción de ramilla ornamental. Ocupa una extensión de aproximada de 1,2 ha y tiene un total de 309 plantas. Consta de dos partes, separadas por una zanja de riego del canal del Campo de Buitrago. Fue instalada en 2 fases: la primera parte en abril de 1995, de ahora en adelante a esta parte la denominaremos “Canredondo 1”, con una extensión de 0,6 ha y un total de 152 plantas; y la segunda plantada el año siguiente, en marzo de 1996, y a la cual nombraremos como “Canredondo 2” para su estudio, cuya extensión es de 0,6 ha con 157 plantas.

Si bien las características del medio físico son similares para ambas plantaciones, y se estudiarán conjuntamente, no pueden considerarse así el resto de las mediciones realizadas en ellas por tener distinta edad en campo las plantas en ellas instaladas.

Pertenecen, al igual que la anterior a la zona de regadío del “Campo de Buitrago” y forman parte de la red de Campos de Experimentación Agraria de la Junta de Castilla y León.

La preparación del terreno realizada fue un laboreo superficial con posterior subsolado cruzado en la primera parcela instalada, Canredondo 1, y mediante ahoyado manual en la segunda, Canredondo 2; el acebo se plantó a 6 x 6 m, con un macho cada 8 hembras. Se colocaron protectores del ganado, que además sirvieron para dar sombra a las plantas, y cobertores del terreno.

Se han realizado diversos trabajos culturales: limpieza de malas hierbas, riegos en verano y reposición de marras.

2.- Localización y situación geográfica

Se localiza cartográficamente en la hoja nº 317, correspondiente a Vinuesa, del Mapa militar de España escala 1:50.000 del Servicio Geográfico del Ejército, en el término municipal de Canredondo de la Sierra (Soria). Sus coordenadas U.T.M. son 30TWM385325, está a una altitud de 1050 m y pertenece a la cuenca hidrográfica del Duero.

3.- Fisiografía

Se encuentra situada en la orla ibérica interior, en el corredor Soria-Burgos, concretamente en la zona definida entre El Royo y Cidones. Al norte el Sistema Ibérico Noroeste y delimitado al sur por las parameras cretácicas de las sierras de Cabrejas e Hinojedo.

La plantación se sitúa muy cerca del río Duero, entre este y el canal de riego del Campo de Buitrago. Situado en las terrazas del fluviales del mismo.

En la zona no aparecen grandes altitudes y nos encontramos con una orografía modelada por pendientes suaves y amplios valles fluviales. La pendiente en la parcela de la plantación está entorno al 5% con una orientación sur.

4.- Geología y litología.

Se trata de terrazas del Cuaternario de gran potencia y extensión. Sus materiales son generalmente pelítico-arenosos con cantos subredondeados embalsados en la matriz.

5.- Características edafológicas.

Los datos se han tomado de la calicata realizada en el lugar de la plantación.

Características edáficas más importantes

El pH del perfil estudiado es 6,26, que según la clasificación de Wilde corresponde a un suelo moderadamente ácido. Su capacidad total de retención de agua es de 71,68 mm/m y la permeabilidad global de 4,6.

La caliza activa en el perfil es menor de 2,5; según la clasificación de Gandullo corresponde a un suelo totalmente descarbonatado; la caliza en roca es inapreciable, tratándose de un suelo síliceo.

La composición granulométrica ponderada del perfil es la siguiente:

Composición granulométrica	
% de arena	80,87
% de limo	13,20
% de arcilla	5,93

Según esta composición se trata de un suelo de la clase XIa, de textura arenoso-franca.

Clasificación del suelo

Los horizontes de identificación que aparecen son los siguientes:

Horizonte	Identificación	Horizonte de diagnóstico
1	A	H. Ócrico
2	B _K	-
3	B/C	-
4	2B _t	-

La clasificación de este suelo según la F.A.O. es un Arenosol haplico.

Este tipo de suelos se caracterizan por ser suelos poco evolucionados, de drenaje demasiado rápido, la textura es su característica mas relevante, en general de poca fertilidad, pero pequeñas variaciones de sus porcentajes de arcilla pueden significar contrastes acusados de fertilidad y uso.

6.- Características climáticas.

Los datos climáticos utilizados para las características climáticas de la parcela se han tomado de las estaciones meteorológicas de Canredondo de la Sierra (precipitaciones) y Soria (temperaturas), y han sido adaptados al monte según los gradientes altitudinales de la atmósfera (GANDULLO, 1994). Con ellos se ha elaborado el siguiente climodiagrama de Gaussen-Walter para la plantación.

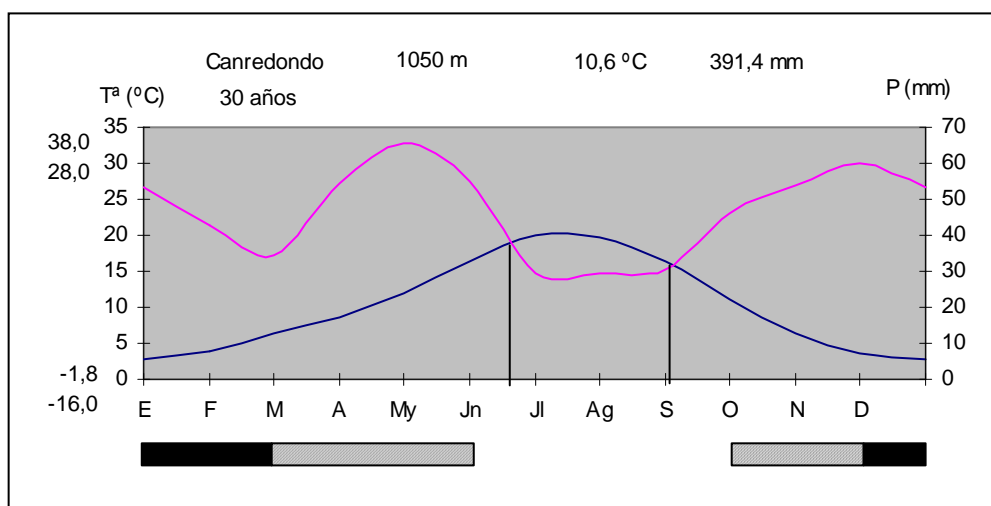


Figura 3.13. Climodiagrama de Walter-Gaussen de la plantación de Canredondo.

Nos encontramos en una zona de clima mediterráneo, la temperatura media anual es de 10,4 °C y la precipitación media anual de 391 mm, siendo la mayoría de las precipitaciones en primavera y otoño, y con un periodo de sequía de 2 meses y medio. Se encuentra en un piso supramediterráneo medio, de ombroclima seco, con invierno frío y un periodo de actividad vegetativa de 7 meses (RIVAS MARTÍNEZ, 1987); según la clasificación de Allué (1990) corresponde a un subtipo fitoclimático VI(IV)₁ 9, nemoromediterráneo genuino.

7.- Vegetación

Esta plantación se encuentra localizada en las cercanías de la ribera del río Duero, en una zona de campos de cultivo agrícolas. La vegetación predominante de la zona es de matorrales de labiadas, predominando *Lavandula stoechas* y *Timus sp.*

La vegetación potencial de la zona corresponde a robledales de melojos (*Q. Pyrenaica*), de la serie supramediterránea carpetano-ibérico- leones y alcarreña subhúmeda silicícola de *Quercus pyrenaica* o roble melojo. *Luzulo forsteri-Querceto pyrenaicae sigmetum*.

CABREJAS

1.- Descripción de la plantación.

Se trata de una plantación realizada para el cultivo intensivo de acebo para obtención de ramilla ornamental, es de propiedad particular y se ha realizado junto con una plantación para la obtención de madera de calidad de cerezo, fresno, nogal y arce.

La plantación de acebo ocupa una extensión de 1,1 ha, con un total de 115 plantas de acebo colocadas con un marco de 5 x 5 m.

La preparación del terreno fue un laboreo superficial con posterior ahoyado manual, se plantó un macho cada 8 hembras. Se colocaron protectores para dar sombra a las plantas, y cobertores del terreno. Se valló la parcela antes de la plantación.

Se han realizado diversos trabajos culturales: limpieza de malas hierbas, riegos en verano y reposición de marra.

2.- Localización y situación geográfica

Se localiza cartográficamente en la hoja nº 349, correspondiente a Cabrejas del Pinar, del Mapa militar de España escala 1:50.000 del Servicio Geográfico del Ejército, en el término municipal de Cabrejas del Pinar (Soria). Sus coordenadas U.T.M. son 30TWM127291, está a una altitud de 1140 m y pertenece a la cuenca hidrográfica del Duero.

3.- Fisiografía

Esta plantación está situada en la orla ibérica interior, en la zona de pinares y San Leonardo dentro del corredor Soria-Burgos. Al norte el sistema ibérico noroeste y delimitado al sur por las parameras cretácicas de las sierras de Cabrejas e Hinodejo.

Se localiza en el fondo del valle y su pendiente es prácticamente nula.

4.- Geología y litología

Son terrenos cuaternarios de origen aluvial. Depósitos ligados a cursos fluviales permanentes o temporalmente secos. Áreas deprimidas donde nacen arroyos que se dirigen al norte, y en las que la acumulación de coluvios pasa lateralmente a depósitos de arroyada.

5.- Características edafológicas

En esta plantación se distinguen claramente dos zonas, en cada una de ellas se ha realizado una calicata

Zona 1 (cercana a la entrada).

Características edáficas más importantes

El pH del perfil estudiado es 8,1, que según la clasificación de Wilde corresponde a un suelo fuertemente básico.

Su capacidad total de retención de agua obtenida es de 422,6 mm/m y la permeabilidad global de 1,7. En esta zona se producen fenómenos de encharcamiento estacional muy prolongados.

La caliza activa en el perfil es menor del 2,5% según la clasificación de Gandullo corresponde a un suelo totalmente descarbonatado.

La composición granulométrica ponderada del perfil es la siguiente:

Composición granulométrica	
% de arena	22,1
% de limo	39,4
% de arcilla	38,4

Según la cual su textura pertenece a un suelo franco-arcilloso de la clase IV.

Clasificación del suelo

Los horizontes de identificación que aparecen son los siguientes:

Horizonte	Identificación	Horizonte de diagnóstico
1	A	H.ócrico
2	B	-
3	B/C	-

La clasificación de este suelo según la F.A.O. es un regosol eutricto. Este tipo de suelos se caracterizan por su pequeño grado de desarrollo, son suelos que se han generado por erosión, evolución regresiva o por un laboreo profundo del terreno.

Zona 2 (fondo).

Características edáficas más importantes

El pH del perfil estudiado es 5,2, que según la clasificación de Wilde corresponde a un suelo fuertemente ácido.

La capacidad total de retención de agua obtenida es de 165,3 mm/m y la permeabilidad global de 5.

La caliza activa en el perfil es 2,7; según la clasificación de Gandullo corresponde a un suelo bastante descarbonatado.

Su composición granulométrica ponderada del perfil es la siguiente:

Composición granulométrica	
% de arena	69,4
% de limo	18,5
% de arcilla	11,8

Según su textura se trata de un suelo franco-arenoso de la clase IXb.

Clasificación del suelo

Los horizontes de identificación que aparecen son los siguientes:

Horizonte	Identificación	Horizonte de diagnostico
1	A	H.ócrico
2	B	-
3	B/C	-
4	C	-

La clasificación del suelo según la F.A.O. es un arenoso háplico. Este tipo de suelos se caracterizan por su pequeño grado de desarrollo, son suelos que se han generado por erosión, evolución regresiva o por un laboreo profundo del terreno

5.- Clima

Los datos climáticos utilizados para las características climáticas de la parcela se han tomado de la estación meteorológica termopluviométrica de Abejar, y han sido adaptados al monte según los gradientes altitudinales de la atmósfera (GANDULLO, 1994). Con ellos se ha elaborado el siguiente climodiagrama de Gaussen-Walter para la plantación.

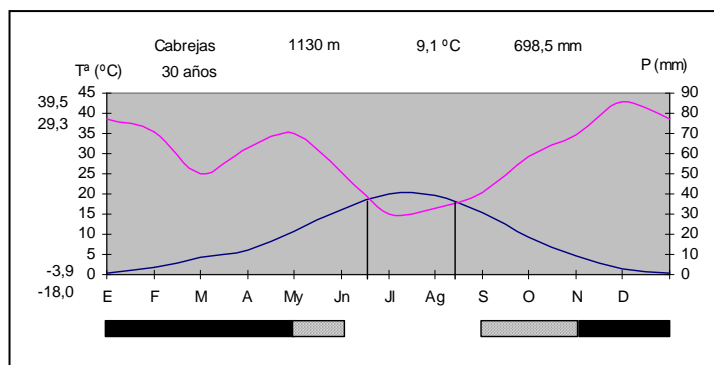


Figura 3.14. Climodiagrama de Walter-Gaussen de la plantación de Cabrejas del Pinar

Nos encontramos en una zona de clima mediterráneo, la temperatura media anual es de 9,1 °C y la precipitación media anual de 698 mm, siendo la mayoría de las precipitaciones a lo largo del invierno y con un periodo de sequia estival de 2 meses. Se encuentra en un piso supramediterráneo superior, de ombroclima subhúmedo, con invierno frío y un periodo de actividad vegetativa de 6 meses (RIVAS MARTÍNEZ, 1987); según la clasificación de Allué (1990) corresponde a un subtipo fitoclimático VI(IV)₁ 9, nemoromediterráneo genuino.

7.- Vegetación

La plantación se encuentra en el límite de las zonas de cultivo agrícola con el bosque: Se encuentra al borde de un arroyo, lindando con un pinar maduro de *P. sylvestris*. La parcela ha sido cultivada hasta la realización de la plantación.

La vegetación potencial de la zona corresponde a robledales de melojos (*Q. pyrenaica*), de la serie supramediterránea ibérico-soriana y ayllonense húmedo-hiperhúmeda silicícola de *Quercus pyrenaica* o roble melojo. *Festuco heterophyllae- Querceto pyrenaicae sigmetum*.

ALCARAMA

1.- Descripción de la plantación.

Se trata de una plantación realizada para el cultivo intensivo de acebo para obtención de ramilla ornamental, es de propiedad particular y se ha realizado acogiendo a las subvenciones de la P.A.C. junto con una plantación para la obtención de madera de calidad de cerezo, fresno, nogal y arce.

La plantación de acebo ocupa una extensión de 0,6 ha, con un total de 164 plantas de acebo colocadas con un marco de 6 x 6 m. El total de la repoblación tiene una superficie de 3,5 ha.

La preparación del terreno realizada fue un subsolado lineal de una pasada. Se colocaron protectores, pero no cobertores del terreno. La parcela fue vallada antes de la plantación.

Solamente se han realizado reposición de marras y riego de instalación el primer verano.

2.- Localización y situación geográfica

Se localiza cartográficamente en la hoja nº 281, correspondiente a Cervera del Río Alhama, del Mapa militar de España escala 1:50.000 del Servicio Geográfico del Ejército, en el término municipal de San Pedro Manrique (Soria). Sus coordenadas U.T.M. son 30TWM724503, está a una altitud de 1.300 m y pertenece a la cuenca hidrográfica del Ebro.

3.- Fisiografía

Esta plantación se encuentra en las sierras ibéricas del nordeste, es la zona ibérica montañosa de menor altitud pero con desniveles internos mayores. Tiene mayor proximidad y relación con la depresión del Ebro, con alineaciones paralelas al cauce del río, NW-SE.

Se encuentra situada en la zona más elevada de la sierra de Alcarama, con una pendiente del 15% y una orientación NW.

4.- Geología y litología

La plantación se halla situada en una zona de alternancia pelítico-samítica. Cretácico inferior berriasiense, dentro de las facies Purbeck-Weald. Pertenece al Grupo Urbión y es esencialmente detrítico. La potencia varía del orden de 100 m hasta más de 1000 m. Esta facies tiende a ser arenosa o alternante, de gran monotonía.

5.- Características edafológicas.

En el lugar de la plantación solamente se tomaron muestras superficiales de suelo, ya que no fue posible la realización de una calicata.

Características edafológicas más importantes

El pH de la muestra estudiada es de 6,28, que según la clasificación de Wilde corresponde a un suelo moderadamente ácido.

La capacidad total de retención de agua obtenida es de 159,3 mm/m y la permeabilidad global del perfil es 4.

La caliza activa en la muestra superficial tomada es de 0,73, y según la clasificación de Gandullo corresponde a un suelo totalmente descarbonatado.

La composición granulométrica de la muestra es la siguiente:

Composición granulométrica	
% de arena	32
% de limo	48,5
% de arcilla	19,5

Por tanto según su textura se trata de un suelo franco de la clase textural VII.

Tipo de suelo

Según el mapa de suelos de Castilla y León (1988) la plantación se encuentra en una zona de Cambisoles húmicos. Suelos que, en general, son ácidos, y débil a regularmente saturados. Suelen ser suelos no labrados, forestales o cubiertos de pastos, del reborde montañoso y en menor proporción de las penillanuras.

6.- Características climáticas.

Los datos climáticos utilizados para las características climáticas de la parcela se han tomado de las estaciones meteorológicas de San Pedro Manrique (precipitaciones) y Barriomartín (temperaturas), y han sido adaptados al monte según los gradientes altitudinales de la atmósfera (GANDULLO, 1994). Con ellos se ha elaborado el siguiente climodiagrama de Gaussen-Walter para la plantación.

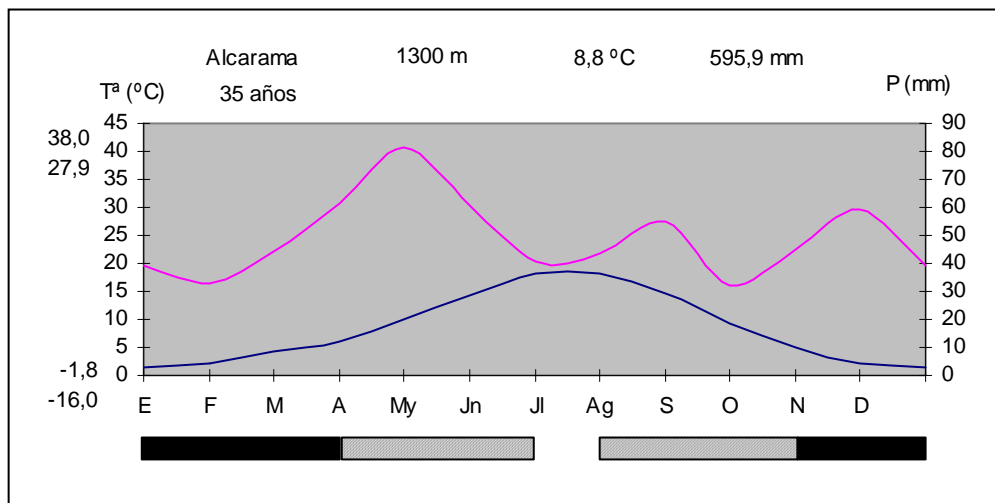


Figura 3.15. Climodiagrama de Walter-Gaussen de la plantación de Alcarama.

Nos encontramos en una zona de clima mediterráneo, la temperatura media anual es de 8,8 °C y la precipitación media anual de 596 mm, siendo la mayoría de las precipitaciones en primavera, y sin un periodo de sequia estival. Se encuentra en un piso supramediterráneo medio, de ombroclima seco, con invierno frío y un periodo de actividad vegetativa de 6 meses (RIVAS MARTÍNEZ, 1987); según la clasificación de Allué (1990) corresponde a un subtipo fitoclimático VI(VII) 13, nemoral subestepario.

7.- Vegetación

La vegetación de la zona está compuesta fundamentalmente por pastizales, algunas zona de monte bajo de *Q. Pyrenaica* y junto a una repoblación de *P. sylvestris*.

La vegetación potencial de la zona corresponde a robledales de melojos (*Q. Pyrenaica*), de la serie supramediterránea carpetano-ibérico- leones y alcarreña subhúmeda silicícola de *Quercus pyrenaica* o roble melojo. *Luzulo forsteri-Querceto pyrenaicae sigmetum*.

VIVERO DE VALONSADERO

1.- Descripción de la plantación y pertenencia

Es un banco clonal instalado en 1995 inicialmente con la representación de los acebos seleccionados en algunas acebedas de Soria, y posteriormente ampliado con la selección de toda la provincia de Soria al año siguiente, marzo de 1996. Al igual que en el caso de Canredondo, para el seguimiento de la plantación se considerarán como dos plantaciones diferentes, denominándose “Vivero” a la inicial, y “Vivero Ampliación” a la segunda.

Este banco clonal está instalado en terrenos pertenecientes a la Junta de Castilla y León en el Vivero Central de la misma en la Provincia de Soria. Ocupa una extensión de 7.000 m² y consta de 48 clones con 4 repeticiones cada uno, un total de 192 plantas; “Vivero” consta de 36 clones y “Vivero Ampliación” de 12.

La preparación del terreno realizada fue la misma en las dos fases, un laboreo superficial con ahoyado mecanizado; el acebo se plantó a 6 x 6 m, con un macho cada 8 hembras.

Se colocaron protectores para dar sombra a las plantas, y cobertores del terreno. Se han realizado diversos trabajos culturales: limpieza de malas hierbas, riegos en verano y reposición de marras.

2.- Localización y situación geográfica

Se localiza cartográficamente en la hoja nº 349, correspondiente a Cabrejas del Pinar, del Mapa militar de España escala 1:50.000 del Servicio Geográfico del Ejército, en el término municipal de Soria. Sus coordenadas U.T.M. son 30TWM382280, está a una altitud de 1040 m y pertenece a la cuenca hidrográfica del Duero.

3.- Fisiografía

Se encuentra situado en la comarca natural de Altos Campos Sorianos Compartimentados, está formada por dos tipos de elementos: sierras bajas en torno de Soria que compartimentan esta zona a modo de diques, y los altos campos compartimentados entre las anteriores, son rellanos de gran planitud en cuya configuración moderna ha jugado parte importante el endorreísmo, y cuyas cotas entre 1.000 y 1.100 m los caracterizan como altiplanicies. Podemos considerar esta zona como una transición entre la fosa de Almazán y la depresión del Ebro.

Situado en la vega del río Pedrajas, se encuentra en una zona plana, de pendientes suaves.

4.- Geología y litología.

Cuaternario aluvial. Son depósitos ligados a cursos fluviales permanentes o temporalmente secos, como es el caso del río Pedrajas.

5.- Características edáficas.

Los datos se han tomado de la calicata realizada en el lugar de la plantación.

Características edáficas más importantes.

El pH del perfil estudiado es 7,73, que según la clasificación de Wilde corresponde a un suelo moderadamente básico. La capacidad de retención de agua obtenida para todo el perfil es de 175,1 mm/m y la permeabilidad global de 4,6.

La caliza activa en el perfil es 0,61; según la clasificación de Gandullo corresponde a un suelo totalmente descarbonatado, sin presencia de caliza en roca, o sea un suelo silíceo.

La composición granulométrica ponderada del perfil es la siguiente:

Composición granulométrica	
% de arena	69,77
% de limo	17,44
% de arcilla	12,79

Según su textura se trata de un suelo franco-arenoso de la clase textural IXb.

Clasificación del suelo

Los horizontes de identificación que aparecen son los siguientes:

Horizonte	Identificación	Horizonte de diagnostico
1	A _p	H. Ócrico
2	B _g	-
3	B _{sg}	H. Cámbico
4	C	-

La clasificación del suelo según la F.A.O. es un Cambisol Gleico. Este tipo de suelos se caracterizan por encontrarse en el reborde montañoso, casi todos los suelos de prados que no son Gleysols. Son cambisoles gleicos; los suelos de pastos situados en las penillanuras silíceas, situados en depresiones; el grado de fertilidad es muy variado.

6.- Características climáticas.

Los datos climáticos utilizados para las características climáticas de la parcela se han tomado de las estaciones meteorológicas de Cidones (precipitaciones) y Soria (temperaturas), y han sido adaptados al monte según los gradientes altitudinales de la atmósfera (GANDULLO, 1994). Con ellos se ha elaborado el siguiente climodiagrama de Gaussen-Walter para la plantación.

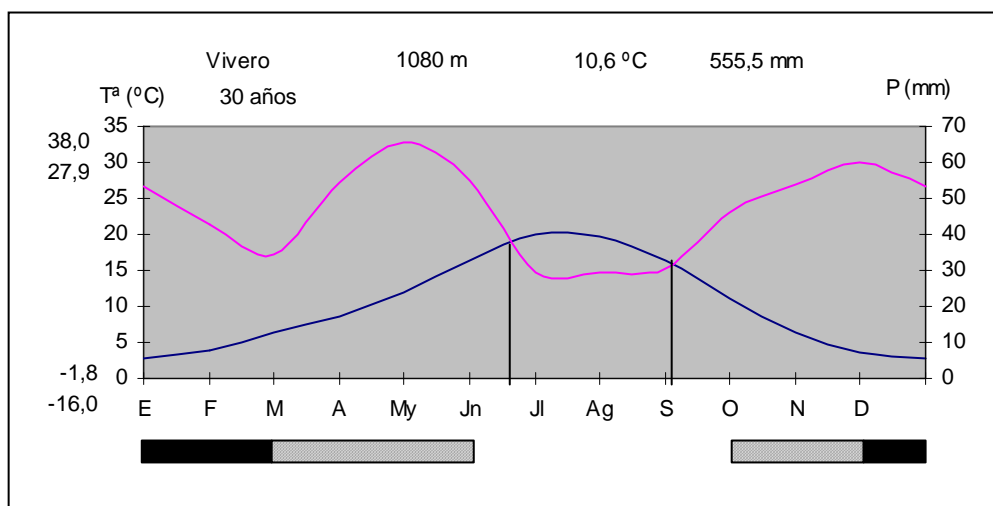


Figura 3.16. Climodiagrama de Walter-Gaussen de la plantación del Vivero de Valonsadero.

Nos encontramos en una zona de clima mediterráneo, la temperatura media anual es de 10,6 °C y la precipitación media anual de 555,5 mm, siendo la mayoría de las precipitaciones en primavera y otoño, y con un periodo de sequía de 2 meses y medio. Se encuentra en un piso supramediterráneo medio, de ombroclima seco, con invierno frío y un periodo de actividad vegetativa de 7 meses (RIVAS MARTÍNEZ, 1987); según la clasificación de Allué (1990) corresponde a un subtipo fitoclimático VI(IV)₁ 9, nemoromediterráneo genuino.

7.- Vegetación

Este vivero está situado sobre antiguos campos de cultivo agrícolas enclavados en el Monte Valonsadero, una dehesa de roble (*Q. pyrenaica*) sobrepastoreada ancestralmente y con exceso de carga ganadera aún en la actualidad.

La vegetación potencial de la zona corresponde a robledales de melojos (*Q. Pyrenaica*), de la serie supramediterránea carpetano-ibérico- leones y alcarreña subhúmeda silicícola de *Quercus pyrenaica* o roble melojo. *Luzulo forsteri-Querceto pyrenaicae sigmetum*.

ALMAZÁN

1.- Descripción de la parcela y pertenencia

Es un banco clonal instalado parcialmente en 1996 con la representación de los acebos seleccionados en las acebedas de Soria, posteriormente se pensaba ampliar.

Este banco clonal está instalado en terrenos pertenecientes a la Junta de Castilla y León en la Escuela de Capataces Forestales de Almazán, por cambios en la planificación de sus campos de ensayo en 1998 se decide abandonar esta plantación. Ocupaba una extensión de 2.500 m² y constaba tan sólo de 54 plantas, colocadas en líneas a un marco de 5 x 6 m inercalados al tresbolillo con alineaciones de chopos jóvenes de 2-3 años con el mismo marco de plantación.

No se realizó preparación del terreno y el acebo se plantó mediante ahoyado manual con un macho cada 8 hembras. Se colocaron protectores del ganado, que además sirvieron para dar sombra a las plantas, y cobertores del terreno.

Se han realizado diversos trabajos culturales: limpieza de malas hierbas, riegos en verano y reposición de marras.

2.- Localización y situación geográfica

Se localiza cartográficamente en la hoja nº 406, correspondiente a Almazán, del Mapa militar de España escala 1:50.000 del Servicio Geográfico del Ejército, en el término municipal de Almazán (Soria). Sus coordenadas U.T.M. son 30TWL378918, está a una altitud de 920 m y pertenece a la cuenca hidrográfica del Duero.

3.- Fisiografía

Esta plantación se halla situada en la fosa de Almazán, una de las grandes llanuras sedimentarias centrales de la cuenca del Duero.

Se encuentra en una terraza aluvial cerca del cauce del río Duero, en una zona plana de fondo de valle. El modelado de la zona es fundamentalmente llano con suaves lomas y vaguadas muy poco marcadas.

4.- Geología

Estos terrenos están formados por limos y arenas con gravas y cantos dispersos, son del cuaternario y se encuentran sobre llanuras de inundación. Los depósitos se disponen a lo largo del curso de los ríos, tanto en el Duero como en sus principales afluentes. Se observan cantos cuarcíticos y gravas con matriz arenosa, en el techo existen materiales fino (arena y limos).

5.- Características edafológicas

Los datos se han tomado de la calicata realizada en el lugar de la plantación.

Características edáficas más importantes

El pH del perfil estudiado es 8,3, que según la clasificación de Wilde corresponde a un suelo fuertemente básico.

La capacidad total de retención de agua obtenida es de 316,6 mm/m y la permeabilidad global de 2,3.

Presenta un valor para la caliza en roca de 9,1 % tratándose de un suelo calco-silíceo, con un 34,1 % de caliza activa en el perfil es, según la clasificación de Gandullo correspondería a un suelo muy poco desarbonatado.

La composición granulométrica ponderada del perfil es la siguiente:

Composición granulométrica	
% de arena	22,2
% de limo	50,2
% de arcilla	27,4

Por tanto, según su textura se trata de un suelo franco-limoso de la clase VIIIb.

Clasificación del suelo

Los horizontes de identificación que aparecen son los siguientes:

Horizonte	Identificación	Horizonte de diagnóstico
1	A	H. ócrico
2	B _K /C	-

Este suelo según la clasificación de la F.A.O. es un regosol calcárico

6.- Clima

Los datos climáticos utilizados para las características climáticas de la parcela se han tomado de la estación termopluviométrica de Almazán, no ha sido necesario adaptar los datos, está situada a 300 m de nuestra plantación. Con ellos se ha elaborado el siguiente climodiagrama de Gausson-Walter para la plantación.

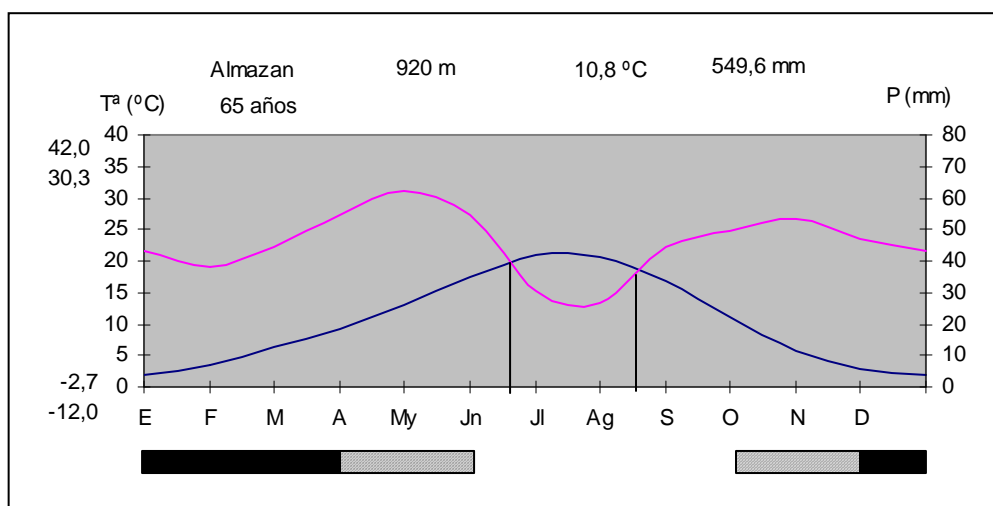


Figura 3.17. Climodiagrama de Walter-Gausson de la plantación de Almazán.

Nos encontramos en una zona de clima mediterráneo, la temperatura media anual es de 10,8 °C y la precipitación media anual de 550 mm, siendo la mayoría de las precipitaciones en primavera y otoño, con un periodo de sequia que no llega a los 2 meses. Se encuentra en un piso supramediterráneo medio, de ombroclima seco, con invierno frío y un periodo de actividad vegetativa de 7 meses (RIVAS MARTÍNEZ, 1987); según la clasificación de Allué (1990) corresponde a un subtipo fitoclimático VI(IV)₁ 9, nemoromediterráneo genuino.

7.- Vegetación

Esta parcela, como ya hemos dicho anteriormente está situada en los campos de experimentación de la Escuela de Capataces, en la cual antes se impartía también la titulación de Capataz Agrícola y estas zonas eran usadas para prácticas de cultivos agrícolas. Se encuentra en una comarca netamente cerealista y rodeada de campos de cereal. La única vegetación arbórea existente en las cercanías es el bosque de ribera de la orilla del río Duero, el cual se encuentra muy degradado con apenas unos chopos (*P. nigra*) y algún sauce (*Salix sp.*).

La vegetación potencial de la zona corresponde a encinares (*Q. Ilex ssp. rotundifolia*), de la serie supramediterránea castellano-maestrazgo-manchega basófila de *Quercus rotundifolia* o encina. *Junipero thuriferae-Querceto rotundifoliae sigmetum*.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN FORESTAL DE VALONSADERO

1.-Descripción de la plantación y pertenencia

En el jardín del Centro de Investigación se ha realizado un banco clonal, con el fin de conservar los clones seleccionados y poder obtener estaquillas de los mismos de una manera cómoda y rápida. Se han colocado 76 clones con tres repeticiones cada uno, 228 plantas en total, en macetas de rejilla de 4 litros de volumen enterradas. La fecha de plantación fue marzo de 1998. Los acebos se han colocado en hileras bajo cubierta en una zona de pinar de *P. Sylvestris*.

Además, se encuentran también situados en el jardín una serie de experimentos controlados realizados para estudiar el momento idóneo de plantación de las plantas obtenidas por estaquillado y la interacción del encharcamiento y el suelo de las diferentes plantaciones sobre la supervivencia de las plantas; se estudiarán con más detalle mas adelante.

2.- Localización y situación geográfica

Se localiza cartográficamente en la hoja nº 349, correspondiente a Cabrejas del Pinar, del Mapa militar de España escala 1:50.000 del Servicio Geográfico del Ejército, en el término municipal de Golmayo (Soria). Sus coordenadas U.T.M. son 30TWM396262, está a una altitud de 1080 m y pertenece a la cuenca hidrográfica del Duero.

3.- Fisiografía

Se encuentra situado en la comarca natural de Altos Campos Sorianos Compartimentados, esta formada por dos tipos de elementos: sierras bajas en torno de Soria que compartimentan esta zona a modo de diques, y los altos campos compartimentados entre las anteriores, son rellanos de gran planitud en cuya configuración moderna ha jugado parte importante el endorreísmo, y cuyas cotas entre 1.000 y 1.100 m los caracterizan como altiplanicies.

Las macetas estan colocadas en una zona plana de pendiente suave, entre el 5% y el 10%, y con una orientación oeste.

4.- Geología y litología.

Está sobre areniscas algo consolidadas y arcillas rojas del Jurásico MALM en facies Purbeck-Weald. Encontramos una alternancia de areniscas, a veces conglomeríticas, y arcillas.

Las areniscas varían de grano medio a grueso, en bancos generalmente plurimétricos, pero que pueden llegar a tener decenas de metros de potencia. Son frecuentes en ellas las estratificaciones cruzadas, a veces de gran ángulo y estructuras lentejonares. Las areniscas conglomeráticas presentan caracteres análogos a las areniscas ya descritas. Los elementos son de cuarzita y su diámetro alcanza máximos de 2 a 5 cm.

Alternantes con los niveles antes descritos aparecen arcillas en su mayor parte de tonos rojizos y gris-verdosos, aunque existen también algunos niveles de margas de los mismos tonos rojizos.

5.-Características edafológicas.

Se ha tomado una muestra de tierra de la utilizada como sustrato para el cultivo de las plantas en macetas. En ella se han estudiado los parámetros edáficos más importantes que se enumeran a continuación.

El pH de la muestra es 6,1 , que según la clasificación de Wilde corresponde a un suelo moderadamente ácido.

La capacidad total de retención de agua obtenida es de 186,9 mm/m y la permeabilidad de 5.

La caliza activa en la muestra es menor de 2,5, según la clasificación de Gandullo corresponde a un suelo totalmente descarbonatado.

Su composición granulométrica de la muestra es la siguiente:

Composición granulométrica	
% de arena	73,6
% de limo	16,8
% de arcilla	9,6

Por tanto, según su textura se trata de un suelo franco-arenoso de la clase IXd.

6.- Características climáticas.

Los datos climáticos utilizados para las características climáticas de la parcela se han tomado de la estación meteorológica de Soria, y han sido adaptados al centro según los gradientes altitudinales de la atmósfera (GANDULLO, 1994). Con ellos se ha elaborado el siguiente climodiagrama de Gausson-Walter para la plantación.

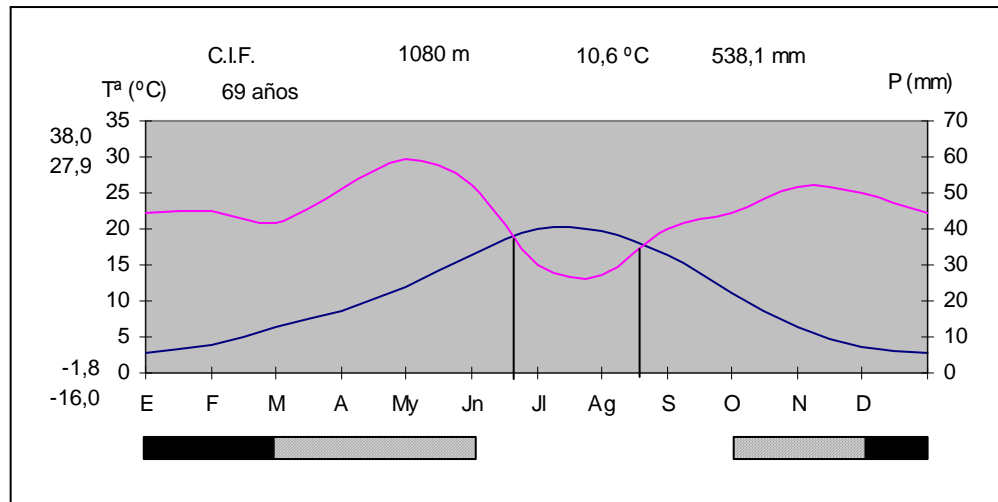


Figura 3.18. Climodiagrama de Walter-Gausson de la plantación del Centro de Investigación Forestal de Valonsadero.

Nos encontramos en una zona de clima mediterráneo, la temperatura media anual es de 10,6 °C y la precipitación media anual de 538 mm, siendo la mayoría de las precipitaciones en primavera y con un periodo de sequia de 2 meses. Se encuentra en un piso supramediterráneo medio, de ombroclima seco, con invierno frío y un periodo de actividad vegetativa de 7 meses (RIVAS MARTÍNEZ, 1987); según la clasificación de Allué (1990) corresponde a un subtipo fitoclimático VI(IV)₁ 9, nemoromediterráneo genuino.

7.-Vegetación

La vegetación actual de la zona donde se han situado las macetas es un pinar maduro de *P. sylvestris* de repoblación con bosquetes de *Q. pyrenaica* en los claros. No se analiza con más detalle la zona al no ser especial interés.

La vegetación potencial de la zona corresponde a robledales de melojos (*Q. Pyrenaica*), de la serie supramediterránea carpetano-ibérico- leones y alcarreña subhúmeda silicícola de *Quercus pyrenaica* o roble melojo. *Luzulo forsteri-Querceto pyrenaicae sigmetum*.

VIVERO DE “EL AMOGABLE”

1.- Descripción de la plantación.

Se ha realizado una réplica del banco clonal en este vivero en el año 1997, en él se pretende recoger la selección de cepas para la obtención de ramilla ornamental realizada durante los años anteriores en toda Castilla y León.

Pertenece a la red de viveros volantes de la Junta de Castilla y León, dependiente de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio.

Las plantas se han colocado en forma de seto y ocupa una pequeña superficie de tan solo 1.400 m², con un total de 243 plantas, 81 clones con 3 repeticiones cada uno. Las plantas se han colocado alineadas en forma de seto, agrupadas por clones con una separación de 3 m entre clones diferentes y 1 m entre las plantas del mismo clon.

La preparación del terreno realizada fue un laboreo superficial con ahoyado manual. Se han realizado diversos trabajos culturales: limpieza de malas hierbas, riegos en verano y reposición de marras.

2.- Localización y situación geográfica

Se localiza cartográficamente en la hoja nº 316, correspondiente a Quintanar de la Sierra, del Mapa militar de España escala 1:50.000 del Servicio Geográfico del Ejército, en el término municipal de Soria. Sus coordenadas U.T.M. son 30TWM046339, está a una altitud de 1140 m y pertenece a la cuenca hidrográfica del Duero.

3.- Fisiografía

Zona orográfica: Esta plantación está situada en la orla ibérica interior, en la zona de pinares y San Leonardo dentro del corredor Soria-Burgos. Al norte el sistema ibérico noroeste y delimitado al sur por las parameras cretácicas de las sierras de Cabrejas e Hinodejo.

El relieve de la zona donde se localiza la plantación se caracteriza por lomas y vaguadas suaves. La parcela está situada en una llanura en el fondo de una vaguada.

4.- Geología y litología

Esta zona se encuentra ubicada en las estribaciones meridionales de la Cordillera Ibérica en la zona de transición entre la llanura del Duero al sur y la agreste sierra de la Demanda al norte.

Los sedimentos sobre los que se encuentra son gravas y arenas del Cretácico inferior aptinense.

5.- Suelo

Los datos se han tomado de la calicata realizada en el lugar de la plantación.

Características edáficas más importantes

El pH del perfil estudiado es 5,6, que según la clasificación de Wilde corresponde a un suelo moderadamente ácido.

Su capacidad total de retención de agua es de 206,8 mm/m y la permeabilidad global de 4,2.

La caliza activa en el perfil es menor de 2,5; según la clasificación de Gandullo corresponde a un suelo totalmente descarbonatado.

La composición granulométrica ponderada del perfil es la siguiente:

Composición granulométrica	
% de arena	61,1
% de limo	26,8
% de arcilla	12,1

Por tanto, según su textura se trata de un suelo franco-arenoso de la clase IXb.

Clasificación del suelo

Los horizontes de identificación que aparecen son los siguientes:

Horizonte	Identificación	Horizonte de diagnostico
1	A	H. ócrico
2	B	-
3	B/C	-
4	C	-

La clasificación del suelo según la F.A.O. es un regosol eutrico. Este tipo de suelos se caracterizan por su pequeño grado de desarrollo, son suelos que se han generado por erosión, evolución regresiva o por un laboreo profundo del terreno.

6.- Clima

Los datos climáticos utilizados para las características climáticas de la parcela se han tomado de la estación meteorológica de “El Amogable”, no ha sido necesaria su adaptación por hallarse situada a pocos metros de la plantación. Con ellos se ha elaborado el siguiente climodiagrama de Gaussen-Walter para la plantación.

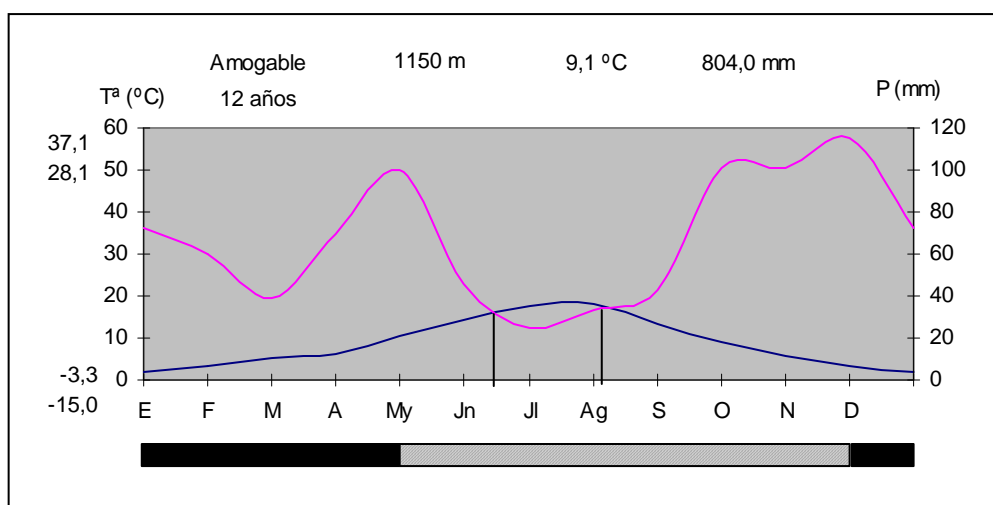


Figura 3.19. Climodiagrama de Walter-Gaussen de la plantación del vivero de “El Amogable”.

Nos encontramos en una zona de clima mediterráneo, la temperatura media anual es de 9,1 °C y la precipitación media anual de 804 mm, con un periodo de sequía de 1 mes y medio. Se encuentra en un piso supramediterráneo medio, de ombroclima subhúmedo, con invierno frío y un periodo de actividad vegetativa de 6 meses (RIVAS MARTÍNEZ, 1987); según la clasificación de Allué (1990) corresponde a un subtipo fitoclimático VI(IV)₂ 10, nemoromediterráneo genuino.

7.- Vegetación

El vivero se encuentra situado en un pinar de *P. sylvestris*. El estrato arbustivo está constituido principalmente por brezales mesohigrófilos de *Erica vagans*, que forma manchas mas o menos extensas en las zonas de vaguada.

La vegetación potencial de la zona corresponde a robledales de melojos (*Q. pyrenaica*), de la serie supramediterránea ibérico-soriana y ayllonense húmedo-hiperhúmeda silicícola de *Quercus pyrenaica* o roble melojo. *Festuco heterophyllae- Querceto pyrenaicae sigmetum*.

ALMARZA

1.- Descripción de la parcela y pertenencia.

Esta plantación se realizó en terrenos particulares, propiedad del Ayuntamiento de Almarza, acogiéndonos a las subvenciones de la P.A.C. Se ha realizado aquí un test de comportamiento en campo de los clones seleccionados en la segunda fase, en las acebedas de fuera de la provincia de Soria. Se colocaron 27 clones en 30 bloques completos, un total de 810 plantas en una superficie de 1 ha, con un marco de 3 x 2,5 m.

La preparación del terreno realizada fue un laboreo superficial con posterior subsolado lineal, el acebo se plantó a 6 x 6 m, con un macho cada 8 hembras. Se colocaron protectores del ganado, que además sirvieron para dar sombra a las plantas, y cobertores del terreno.

Se han realizado diversos trabajos culturales: limpieza de malas hierbas, riegos en verano y reposición de marras.

2.- Localización y situación geográfica

Se localiza cartográficamente en la hoja nº 318, correspondiente a Almarza, del Mapa militar de España escala 1:50.000 del Servicio Geográfico del Ejército, en el término municipal de Almarza (Soria). Sus coordenadas U.T.M. son 30TWM435446, está a una altitud de 1150 m y pertenece a la cuenca hidrográfica del Duero.

3.- Fisiografía

Zona orográfica: Esta plantación está situada en la cubeta de Almarza, entre la Sierra de Montes Claros que forma la divisoria entre los puertos de Piqueras y Oncala en el sistema ibérico nordeste y por encima del Campo de Buitrago-Almajano en la orla ibérica interior.

4.- Geología y litología

Está formado por bloques, cantos y arcillas del Mioceno-Oligoceno (Terciario). El conjunto fundamental esta constituido por una serie de conglomerados de fuerte heterometría (bloques desde 2 m a pocos centímetros de diámetro) con predominio de cantos de cuarzo, matriz arcillosa y que frecuentemente pasan como intercalaciones irregulares o como cambio de facies a arcillas y limos rojizos y marrones con arenas. Algunos niveles arcillosos con un porcentaje pequeño de arenas, tienen unos vivos colores violáceos pero la tonalidad general es blanco-amarillenta.

5.- Características edafológicas.

Los datos se han tomado de la calicata realizada en el lugar de la plantación.

Características edáficas más importantes

Reacción del Suelo

El pH del perfil estudiado es 5,4, que según la clasificación de Wilde corresponde a un suelo fuertemente ácido.

La capacidad total de retención de agua obtenida es de 204,5 mm/m y la permeabilidad global de 3,8.

La caliza activa en el perfil es inapreciable y sin caliza en roca, tratándose de un suelo silíceo.

Su composición granulométrica ponderada del perfil es la siguiente:

Composición granulométrica	
% de arena	60,2
% de limo	18,7
% de arcilla	21,1

Según su textura se trata de un suelo de la clase VI, franco-arcillo-arenoso.

Clasificación del suelo

Los horizontes de identificación que aparecen son los siguientes:

Horizonte	Identificación	Horizonte de diagnostico
1	A	H. ócrico
2	E	H. álbico
3	B _v /C	H. árgico

La clasificación del suelo según la F.A.O. es un Luvisol háplico. Este tipo de suelos se caracterizan por una fertilidad media o alta y reúnen a gran parte de los suelos que se han denominado tierras pardas degradadas, suelos pardos no cálcicos, suelos rojos, terra rosa y terra fusca, típicos de zonas donde ha sido desplazado el bosque.

6.- Características climáticas

Los datos climáticos utilizados para las características climáticas de la parcela se han tomado de las estaciones meteorológicas de Almarza (precipitaciones) y Barriomartín (temperaturas), y han sido adaptados al monte según los gradientes altitudinales de la atmósfera (GANDULLO, 1994). Con ellos se ha elaborado el siguiente climodiagrama de Gaussen-Walter para la plantación.

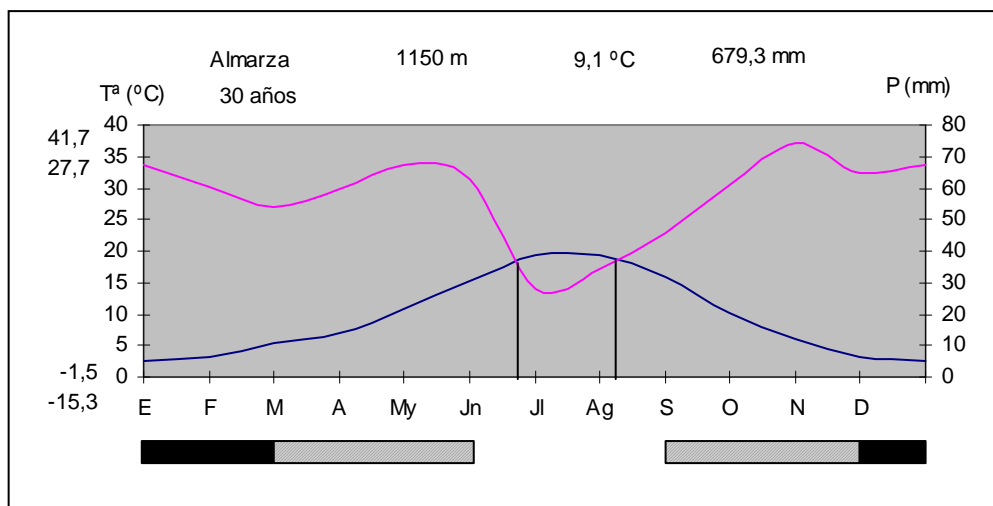


Figura 3.20. Climodiagrama de Walter-Gaussen de la plantación de Almarza.

Nos encontramos en una zona de clima mediterráneo, la temperatura media anual es de 9,1 °C y la precipitación media anual de 679,3 mm, siendo la mayoría de las precipitaciones en primavera y con un periodo de sequía de solo mes y medio. Se encuentra en un piso supramediterráneo medio, de ombroclima subhúmedo, con invierno frío y un periodo de actividad vegetativa de 6 meses (RIVAS MARTÍNEZ, 1987); según la clasificación de Allué (1990) corresponde a un subtipo fitoclimático VI(IV)₁ 9, nemoromediterráneo genuino.

7.- Vegetación

La parcela donde se ha realizado la plantación se encuentra en el límite de las tierras agrícolas con una zona de eriales, sin vegetación arbórea y con una cubierta rala de matorral compuesta fundamentalmente por labiadas (*Timus sp.*, *Lavandula sp.*, *Santolina sp.*...). En las cercanías encontramos también una dehesa de *Q. pyrenaica* con evidentes signos de sobrepastoreo.

La vegetación potencial de la zona corresponde a robledales de melojos (*Q. Pyrenaica*), de la serie supramediterránea carpetano-ibérico- leones y alcarreña subhúmeda silicícola de *Quercus pyrenaica* o roble melojo. *Luzulo forsteri-Querceto pyrenaicae sigmetum*.

8.1. Características de la planta producida.

Tabla 11.8. Características de la planta producida. E, plantas procedentes de estacilla y S plantas procedentes de semilla

Lote	Peso Seco Parte Aerea PA (g)	Peso Seco Sistema Radical SR (g)	$\frac{PA}{SR}$	$\frac{PA + SR}{SR}$	Altura (cm)	Diámetro Cuello Raíz (mm)	Esbeltez	Origen
EST 1	1.6080	1.2562	1.29	2.28	14.5	5	2.90	E
EST 2	3.9721	1.5277	2.6	3.60	15.0	6	2.50	E
EST 3	1.1651	0.6271	1.86	2.86	13.5	7	1.93	E
EST 4	2.1964	0.9862	2.23	3.23	12.5	5	2.50	E
EST 5	3.7642	1.1816	3.19	4.19	15.0	4	0.75	E
EST 6	2.4565	0.9321	2.63	3.64	10.5	3	3.50	E
EST 7	2.0374	0.8862	2.3	3.30	14.0	6	2.33	E
EST 8	2.7106	0.9942	2.73	3.73	15.5	7	2.21	E
EST 9	0.9665	0.4803	2.01	3.01	11.5	5	2.30	E
EST10	1.7201	0.9249	1.86	2.86	8.5	6	1.42	E
EST11	0.8001	0.9160	1.14	1.87	5.0	6	0.83	E
EST12	1.0452	0.8469	1.23	2.23	7.0	4	1.75	E
VA 1	0.5151	0.3140	1.64	2.65	8.5	6	1.42	S
VA 2	0.9412	0.7591	1.24	2.24	9.0	8	1.13	S
VA 3	0.6709	0.4193	1.6	2.59	5.5	7	0.79	S
VA 4	0.9386	1.2669	0.74	1.74	6.5	7	0.93	S
VA 5	0.5233	0.5597	0.93	1.93	6.0	5	1.20	S
VA 6	0.6497	0.6707	1.03	1.65	5.0	5	1.00	S
VA 7	0.6746	0.8848	0.76	1.84	5.5	6	0.92	S
GA 1	0.2201	0.1401	1.57	2.57	3.5	2	1.75	S
GA 2	0.2416	0.0588	4.11	5.11	4.5	3	1.50	S
GA 3	0.2917	0.0504	5.78	6.78	5.0	2	2.50	S

8.5.- Tablas y gráficos de separación de medias de las plantaciones.

Porcentaje de marras según plantaciones.

	Centro	Alcarama	Amogable	Almazan	Canredondo 2	Vivero	Fuentecantos	Canredondo 1	San Andrés	Vivero Ampliación	Cabrejas	Almarza
Centro	****	0,2076	0,0539	0,1371	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Alcarama	0,2076	****	0,5640	0,5587	0,0011	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Amogable	0,0539	0,5640	****	0,8496	0,0051	0,0003	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Almazan	0,1371	0,5587	0,8496	****	0,0870	0,0213	0,0041	0,0033	0,0002	0,0012	0,0001	0,0001
Canredondo 2	0,0001	0,0011	0,0051	0,0870	****	0,3841	0,0999	0,0756	0,0029	0,0233	0,0008	0,0001
Vivero	0,0001	0,0001	0,0003	0,0213	0,3841	****	0,5480	0,3810	0,0544	0,1024	0,0129	0,0001
Fuentecantos	0,0001	0,0001	0,0001	0,0041	0,0999	0,5480	****	0,6714	0,0913	0,1707	0,0205	0,0001
Canredondo 1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0033	0,0756	0,3810	0,6714	****	0,3430	0,3057	0,0906	0,0001
San Andrés	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0029	0,0544	0,0913	0,3430	****	0,6347	0,3015	0,0001
Vivero Ampliación	0,0001	0,0001	0,0001	0,0012	0,0233	0,1024	0,1707	0,3057	0,6347	****	0,8163	0,0001
Cabrejas	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0008	0,0129	0,0205	0,0906	0,3015	0,8163	****	0,0001
Almarza	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	****

Tabla 7.1. Diferencias significativas del porcentaje de marras entre plantaciones experimentales durante el primer año de instalación según el Test de Duncan ($\alpha>95\%$).

	Alcarama	Almazan	Cabrejas	Canredondo 1	Canredondo 2	Fuentecantos	San Andrés	Vivero	Vivero Ampliación
Alcarama	****	0,0493	0,0000	0,0041	0,9335	0,0001	0,0001	0,0001	0,0023
Almazan	0,0493	****	0,0001	0,0005	0,0451	0,0001	0,9837	0,0001	0,0002
Cabrejas	0,0000	0,0001	****	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,3005	0,0164
Canredondo 1	0,0041	0,0005	0,0001	****	0,0059	0,0001	0,0001	0,0001	0,3491
Canredondo 2	0,9335	0,0451	0,0001	0,0059	****	0,0001	0,0001	0,0001	0,0031
Fuentecantos	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	****	0,0001	0,0029	0,0001
San Andrés	0,0001	0,9837	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	****	0,1962	0,0091
Vivero	0,0001	0,0001	0,3005	0,0001	0,0001	0,0029	0,1962	****	0,0013
Vivero Ampliación	0,0023	0,0002	0,0164	0,3491	0,0031	0,0001	0,0091	0,0013	****

Tabla 7.2. Diferencias significativas del porcentaje de marras entre plantaciones experimentales durante el segundo año de instalación según el Test de Duncan ($\alpha>95\%$).

	Almazan	Canredondo 1	Canredondo 2	Fuentecantos	San Andrés	Vivero	Vivero Ampliación
Almazan	****	0,4757	0,0001	0,0001	0,1420	0,0237	0,0001
Canredondo 1	0,4757	****	0,0001	0,0001	0,2369	0,0171	0,0001
Canredondo 2	0,0001	0,0001	****	0,1506	0,0001	0,0001	0,0001
Fuentecantos	0,0001	0,0001	0,1506	****	0,0001	0,0056	0,0001
San Andrés	0,1420	0,2369	0,0001	0,0001	****	0,1152	0,0001
Vivero	0,0237	0,0171	0,0001	0,0056	0,1152	****	0,0001
Vivero Ampliación	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	****

Tabla 7.3. Diferencias significativas del porcentaje de marras entre plantaciones experimentales durante el tercer año de instalación según el Test de Duncan ($\alpha>95\%$).

	Canredondo 1	Fuentecantos	San Andrés	Vivero
Canredondo 1	****	0,0001	0,0002	0,0001
Fuentecantos	0,0001	****	0,2630	0,0004
San Andrés	0,0002	0,2630	****	0,0001
Vivero	0,0001	0,0004	0,0001	****

Tabla 7.4. Diferencias significativas del porcentaje de marras entre plantaciones experimentales durante el cuarto año de instalación según el Test de Duncan ($\alpha>95\%$).

Medidas plantaciones

Planta de partida

	Fuentecantos	Canredondo 1	Canredondo 2	Vivero Ampliación	Vivero	San Andres	Cabrejas	Almazan	Alcarama	Almarza	Centro
Fuentecantos	*****	0,9998	0,6208	0,9954	0,0500	0,0077	0,0096	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Canredondo 1	0,9998	*****	0,9989	1,0000	0,6152	0,4729	0,2451	0,0010	0,0001	0,0001	0,0001
Canredondo 2	0,6208	0,9989	*****	1,0000	0,8953	0,7525	0,4264	0,0006	0,0001	0,0001	0,0001
Vivero Ampliación	0,9954	1,0000	1,0000	*****	0,9998	0,9997	0,9736	0,4901	0,0010	0,0001	0,0001
Vivero	0,0500	0,6152	0,8953	0,9998	*****	1,0000	0,9980	0,2192	0,0001	0,0001	0,0001
San Andres	0,0077	0,4729	0,7525	0,9997	1,0000	*****	0,9956	0,1739	0,0001	0,0001	0,0001
Cabrejas	0,0096	0,2451	0,4264	0,9736	0,9980	0,9956	*****	0,8251	0,0001	0,0001	0,0001
Almazan	0,0001	0,0010	0,0006	0,4901	0,2192	0,1739	0,8251	*****	0,2565	0,0265	0,0001
Alcarama	0,0001	0,0001	0,0001	0,0010	0,0001	0,0001	0,0001	0,2565	*****	0,8902	0,0001
Almarza	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0265	0,8902	*****	0,1442
Centro	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,1442	*****

Tabla 7.5. Diferencias significativas en la altura de la **planta de partida** que se colocó en cada plantación según el Test de Duncan ($\alpha > 95\%$).

	Alcarama	Vivero Ampliación	Almazan	Cabrejas	San Andres	Canredondo 2	Canredondo 1	Vivero	Fuentecantos
Alcarama	*****	0,7575	0,0662	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Vivero Ampliación	0,7575	*****	1,0000	0,9998	0,9987	0,8906	0,8463	0,4594	0,1531
Almazan	0,0662	1,0000	*****	1,0000	1,0000	0,7337	0,7097	0,1604	0,0026
Cabrejas	0,0001	0,9998	1,0000	*****	1,0000	0,8190	0,7717	0,0886	0,0044
San Andres	0,0001	0,9987	1,0000	1,0000	*****	0,8315	0,7904	0,0946	0,0002
Canredondo 2	0,0001	0,8906	0,7337	0,8190	0,8315	*****	1,0000	0,8877	0,0501
Canredondo 1	0,0001	0,8463	0,7097	0,7717	0,7904	1,0000	*****	0,9978	0,5701
Vivero	0,0001	0,4594	0,1604	0,0886	0,0946	0,8877	0,9978	*****	0,9444
Fuentecantos	0,0001	0,1531	0,0026	0,0044	0,0002	0,0501	0,5701	0,9444	*****

Tabla 7.6. Diferencias significativas en el crecimiento anual en altura de la **planta de partida** que se colocó en cada plantación según el Test de Duncan ($\alpha > 95\%$).

	Canredondo 1	Fuentecantos	Canredondo 2	San Andres	Vivero	Vivero Ampliación	Almazan	Cabrejas	Alcarama	Centro	Almarza
Canredondo 1	*****	0,0187	0,0001	0,0001	0,0001	0,0040	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Fuentecantos	0,0187	*****	0,1666	0,0006	0,0034	0,5515	0,0014	0,0008	0,0002	0,0001	0,0001
Canredondo 2	0,0001	0,1666	*****	0,8058	0,8293	0,9971	0,4653	0,3786	0,1969	0,0001	0,0001
San Andres	0,0001	0,0006	0,8058	*****	1,0000	1,0000	0,9993	0,9847	0,8062	0,0001	0,0024
Vivero	0,0001	0,0034	0,8293	1,0000	*****	1,0000	0,9999	0,9989	0,9710	0,0001	0,0014
Vivero Ampliación	0,0040	0,5515	0,9971	1,0000	1,0000	*****	1,0000	1,0000	0,9998	0,0535	0,1011
Almazan	0,0001	0,0014	0,4653	0,9993	0,9999	1,0000	*****	1,0000	1,0000	0,0228	0,0320
Cabrejas	0,0001	0,0008	0,3786	0,9847	0,9989	1,0000	1,0000	*****	0,9999	0,0002	0,0187
Alcarama	0,0001	0,0002	0,1969	0,8062	0,9710	0,9998	1,0000	0,9999	*****	0,0110	0,0614
Centro	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0535	0,0228	0,0002	0,0110	*****	0,9981
Almarza	0,0001	0,0001	0,0001	0,0024	0,0014	0,1011	0,0320	0,0187	0,0614	0,9981	*****

Tabla 7.7. Diferencias significativas en el diámetro en el cuello de la raíz de la **planta de partida** que se colocó en cada plantación según el Test de Duncan ($\alpha > 95\%$).

	Centro	Alcarama	Almarza	Almazan	Canredondo 1	Cabrejas	San Andres	Canredondo 2	Vivero	Fuentecantos	Vivero Ampliación
Centro	*****	0,2391	0,1087	0,0162	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Alcarama	0,2391	*****	1,0000	0,9159	0,0708	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0062
Almarza	0,1087	1,0000	*****	0,9999	0,8128	0,3629	0,3008	0,1295	0,0694	0,0448	0,1880
Almazan	0,0162	0,9159	0,9999	*****	0,8763	0,4557	0,1472	0,0127	0,0449	0,0011	0,2968
Canredondo 1	0,0001	0,0708	0,8128	0,8763	*****	0,9999	0,9970	0,8839	0,9081	0,3407	0,9345
Cabrejas	0,0001	0,0001	0,3629	0,4557	0,9999	*****	1,0000	0,9988	0,9972	0,8581	0,9826
San Andres	0,0001	0,0001	0,3008	0,1472	0,9970	1,0000	*****	0,9994	0,9994	0,7466	0,9953
Canredondo 2	0,0001	0,0001	0,1295	0,0127	0,8839	0,9988	0,9994	*****	1,0000	0,9894	0,9999
Vivero	0,0001	0,0001	0,0694	0,0449	0,9081	0,9972	0,9994	1,0000	*****	0,9990	1,0000
Fuentecantos	0,0001	0,0001	0,0448	0,0011	0,3407	0,8581	0,7466	0,9894	0,9990	*****	1,0000
Vivero Ampliación	0,0001	0,0062	0,1880	0,2968	0,9345	0,9826	0,9953	0,9999	1,0000	1,0000	*****

Tabla 7.8. Diferencias significativas en la esbeltez de la **planta de partida** que se colocó en cada plantación según el Test de Duncan ($\alpha>95\%$).

Primer año

	Centro	Vivero	Cabrejas	Amogable	Canredondo 1	Fuentecantos	Vivero Ampliación	San Andres	Canredondo 2	Almazan	Almarza	Alcarama
Centro	*****	0,1779	0,0377	0,0069	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Vivero	0,1779	*****	1,0000	0,9998	0,2150	0,0001	0,0008	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Cabrejas	0,0377	1,0000	*****	1,0000	0,8566	0,0022	0,0233	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Amogable	0,0069	0,9998	1,0000	*****	0,9968	0,0705	0,0903	0,0102	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Canredondo 1	0,0001	0,2150	0,8566	0,9968	*****	0,0231	0,4160	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Fuentecantos	0,0001	0,0001	0,0022	0,0705	0,0231	*****	1,0000	0,9320	0,4633	0,0002	0,0007	0,0001
Vivero Ampliación	0,0001	0,0008	0,0233	0,0903	0,4160	1,0000	*****	1,0000	0,9740	0,0080	0,0104	0,0001
San Andres	0,0001	0,0001	0,0001	0,0102	0,0002	0,9320	1,0000	*****	0,9963	0,0073	0,0228	0,0001
Canredondo 2	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,4633	0,9740	0,9963	*****	0,0547	0,0846	0,0001
Almazan	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0080	0,0073	0,0547	*****	1,0000	0,8165
Almarza	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0007	0,0104	0,0228	0,0846	1,0000	*****	0,8582
Alcarama	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,8165	0,8582	*****

Tabla 7.9. Diferencias significativas en la altura de los acebos entre plantaciones experimentales durante el **primer año** de instalación según el Test de Duncan ($\alpha>95\%$).

	Alcarama	San Andres	Canredondo 2	Canredondo 1	Fuentecantos	Vivero Ampliación	Almazan	Amogable	Cabrejas	Vivero
Alcarama	*****	0,8176	0,2488	0,3483	0,2083	0,4166	0,2104	0,0001	0,0001	0,0001
San Andres	0,8176	*****	0,9924	0,9689	0,9177	0,9738	0,8280	0,0001	0,0001	0,0001
Canredondo 2	0,2488	0,9924	*****	1,0000	1,0000	1,0000	0,9937	0,0004	0,0001	0,0001
Canredondo 1	0,3483	0,9689	1,0000	*****	1,0000	1,0000	0,9973	0,0027	0,0001	0,0001
Fuentecantos	0,2083	0,9177	1,0000	1,0000	*****	1,0000	0,9964	0,0008	0,0001	0,0001
Vivero Ampliación	0,4166	0,9738	1,0000	1,0000	1,0000	*****	1,0000	0,0238	0,0001	0,0001
Almazan	0,2104	0,8280	0,9937	0,9973	0,9964	1,0000	*****	0,1213	0,0001	0,0001
Amogable	0,0001	0,0001	0,0004	0,0027	0,0008	0,0238	0,1213	*****	0,0199	0,0151
Cabrejas	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0199	*****	1,0000
Vivero	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0151	1,0000	*****

Tabla 7.10. Diferencias significativas en el crecimiento anual en altura de los acebos entre plantaciones experimentales durante el **primer año** de instalación según el Test de Duncan ($\alpha>95\%$).

	Centro	Vivero	Cabrejas	Canredondo 1	Amogable	Fuentecantos	San Andres	Almazan	Vivero Ampliación	Canredondo 2	Almarza	Alcarama
Centro	****	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Vivero	0,0001	****	0,9989	0,6699	0,9511	0,0007	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Cabrejas	0,0001	0,9989	****	1,0000	1,0000	0,6643	0,0144	0,0346	0,0069	0,0001	0,0002	0,0001
Canredondo 1	0,0001	0,6699	1,0000	****	1,0000	0,5345	0,0001	0,0244	0,0054	0,0001	0,0046	0,0001
Amogable	0,0001	0,9511	1,0000	1,0000	****	0,9850	0,2206	0,1733	0,0349	0,0031	0,0001	0,0001
Fuentecantos	0,0001	0,0007	0,6643	0,5345	0,9850	****	0,0827	0,4801	0,2131	0,0031	0,1173	0,0001
San Andres	0,0001	0,0001	0,0144	0,0001	0,2206	0,0827	****	1,0000	0,9980	0,9339	0,9496	0,1002
Almazan	0,0001	0,0001	0,0346	0,0244	0,1733	0,4801	1,0000	****	1,0000	1,0000	0,9997	0,8519
Vivero Ampliación	0,0001	0,0001	0,0069	0,0054	0,0349	0,2131	0,9980	1,0000	****	1,0000	1,0000	0,9301
Canredondo 2	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0031	0,0031	0,9339	1,0000	1,0000	****	1,0000	0,7479
Almarza	0,0001	0,0001	0,0002	0,0046	0,0001	0,1173	0,9496	0,9997	1,0000	1,0000	****	0,9990
Alcarama	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,1002	0,8519	0,9301	0,7479	0,9990	****

Tabla 7.11. Diferencias significativas en el diámetro en el cuello de la raíz de los acebos entre plantaciones experimentales durante el **primer año** de instalación según el Test de Duncan ($\alpha>95\%$).

	Vivero Ampliación	Canredondo 1	Vivero	Cabrejas	Fuentecantos	Amogable	San Andres	Centro	Canredondo 2	Almarza	Alcarama	Almazan
Vivero Ampliación	****	0,9945	0,9170	0,7471	0,4483	0,2961	0,0568	0,1407	0,0001	0,0020	0,0002	0,0001
Canredondo 1	0,9945	****	1,0000	0,9922	0,7663	0,8654	0,0460	0,4233	0,0001	0,0270	0,0003	0,0001
Vivero	0,9170	1,0000	****	0,9999	0,9952	0,9702	0,3841	0,7643	0,0001	0,0564	0,0015	0,0001
Cabrejas	0,7471	0,9922	0,9999	****	1,0000	0,9999	0,9986	0,9874	0,0521	0,2419	0,0161	0,0003
Fuentecantos	0,4483	0,7663	0,9952	1,0000	****	0,9999	0,8634	0,9901	0,0009	0,2590	0,0128	0,0001
Amogable	0,2961	0,8654	0,9702	0,9999	0,9999	****	1,0000	1,0000	0,5140	0,0558	0,3008	0,0058
San Andres	0,0568	0,0460	0,3841	0,9986	0,8634	1,0000	****	1,0000	0,1616	0,8381	0,3725	0,0002
Centro	0,1407	0,4233	0,7643	0,9874	0,9901	1,0000	1,0000	****	0,3745	0,4920	0,1442	0,0033
Canredondo 2	0,0001	0,0001	0,0001	0,0521	0,0009	0,5140	0,1616	0,3745	****	1,0000	1,0000	0,1848
Almarza	0,0020	0,0270	0,0564	0,2419	0,2590	0,0558	0,8381	0,4920	1,0000	****	1,0000	0,7560
Alcarama	0,0002	0,0003	0,0015	0,0161	0,0128	0,3008	0,3725	0,1442	1,0000	1,0000	****	0,6371
Almazan	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0,0001	0,0058	0,0002	0,0033	0,1848	0,7560	0,6371	****

Tabla 7.12. Diferencias significativas en la esbeltez de los acebos entre plantaciones experimentales durante el **primer año** de instalación según el Test de Duncan ($\alpha>95\%$).

Segundo año

	Almazan	Vivero	Cabrejas	Canredondo 1	Vivero Ampliación	San Andres	Fuentecantos	Canredondo 2	Alcarama
Almazan	****	0,0033	0,0009	0,0007	0,0005	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Vivero	0,0033	****	0,9884	0,9379	0,8307	0,0207	0,0001	0,0001	0,0001
Cabrejas	0,0009	0,9884	****	1,0000	0,9956	0,8843	0,0228	0,0002	0,0001
Canredondo 1	0,0007	0,9379	1,0000	****	0,9907	0,2116	0,0001	0,0001	0,0001
Vivero Ampliación	0,0005	0,8307	0,9956	0,9907	****	1,0000	0,8920	0,3716	0,1472
San Andres	0,0001	0,0207	0,8843	0,2116	1,0000	****	0,1637	0,0802	0,0027
Fuentecantos	0,0001	0,0001	0,0228	0,0001	0,8920	0,1637	****	0,9605	0,2343
Canredondo 2	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,3716	0,0802	0,9605	****	0,8794
Alcarama	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,1472	0,0027	0,2343	0,8794	****

Tabla 7.13. Diferencias significativas en la altura de los acebos entre plantaciones experimentales durante el **segundo año** de instalación según el Test de Duncan ($\alpha>95\%$).

	Vivero Ampliación	Vivero	Canredondo 1	San Andres	Canredondo 2	Fuentecantos
Vivero Ampliación	*****	0,9712	0,8513	0,3149	0,0079	0,0039
Vivero	0,9712	*****	0,9681	0,0736	0,0033	0,0001
Canredondo 1	0,8513	0,9681	*****	0,1927	0,0149	0,0001
San Andres	0,3149	0,0736	0,1927	*****	0,7657	0,0032
Canredondo 2	0,0079	0,0033	0,0149	0,7657	*****	0,7917
Fuentecantos	0,0039	0,0001	0,0001	0,0032	0,7917	*****

Tabla 7.14. Diferencias significativas en el crecimiento en altura de los acebos entre plantaciones experimentales durante el **segundo año** de instalación según el Test de Duncan ($\alpha > 95\%$).

	San Andres	Cabrejas	Vivero	Canredondo 1	Vivero Ampliación	Almazan	Fuentecantos	Canredondo 2	Alcarama
San Andres	*****	0,9906	0,1898	0,0109	0,7669	0,7509	0,0001	0,0001	0,0001
Cabrejas	0,9906	*****	0,9928	0,9249	0,9849	0,9363	0,0004	0,0001	0,0001
Vivero	0,1898	0,9928	*****	0,9999	1,0000	0,9907	0,0001	0,0001	0,0001
Canredondo 1	0,0109	0,9249	0,9999	*****	1,0000	0,9967	0,0001	0,0001	0,0001
Vivero Ampliación	0,7669	0,9849	1,0000	1,0000	*****	0,9992	0,5873	0,1424	0,0045
Almazan	0,7509	0,9363	0,9907	0,9967	0,9992	*****	1,0000	0,9995	0,8737
Fuentecantos	0,0001	0,0004	0,0001	0,0001	0,5873	1,0000	*****	0,9888	0,0088
Canredondo 2	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,1424	0,9995	0,9888	*****	0,1125
Alcarama	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0045	0,8737	0,0088	0,1125	*****

Tabla 7.15. Diferencias significativas en el diámetro en el cuello de la raíz de los acebos entre plantaciones experimentales durante el **segundo año** de instalación según el Test de Duncan ($\alpha > 95\%$).

	Almazan	Vivero	Alcarama	Canredondo 1	Vivero Ampliación	Canredondo 2	Cabrejas	Fuentecantos	San Andres
Almazan	*****	0,4306	0,0785	0,0661	0,1042	0,0285	0,0355	0,0214	0,0126
Vivero	0,4306	*****	0,3992	0,0779	0,7540	0,0199	0,1354	0,0005	0,0001
Alcarama	0,0785	0,3992	*****	1,0000	1,0000	0,9777	0,9907	0,9118	0,7016
Canredondo 1	0,0661	0,0779	1,0000	*****	1,0000	0,9943	0,9974	0,8358	0,3657
Vivero Ampliación	0,1042	0,7540	1,0000	1,0000	*****	1,0000	1,0000	1,0000	0,9980
Canredondo 2	0,0285	0,0199	0,9777	0,9943	1,0000	*****	1,0000	1,0000	0,9906
Cabrejas	0,0355	0,1354	0,9907	0,9974	1,0000	1,0000	*****	1,0000	0,9993
Fuentecantos	0,0214	0,0005	0,9118	0,8358	1,0000	1,0000	1,0000	*****	0,9930
San Andres	0,0126	0,0001	0,7016	0,3657	0,9980	0,9906	0,9993	0,9930	*****

Tabla 7.16. Diferencias significativas en la esbeltez de los acebos entre plantaciones experimentales durante el **segundo año** de instalación según el Test de Duncan ($\alpha > 95\%$).

Tercer año

	Canredondo 1	Vivero	Almazan	Canredondo 2	Vivero Ampliación	San Andres	Fuentecantos
Canredondo 1	*****	0,9773	0,9824	0,8258	0,0638	0,0001	0,0001
Vivero	0,9773	*****	1,0000	0,9986	0,1801	0,0002	0,0001
Almazan	0,9824	1,0000	*****	0,9998	0,1509	0,0019	0,0001
Canredondo 2	0,8258	0,9986	0,9998	*****	0,1944	0,0013	0,0001
Vivero Ampliación	0,0638	0,1801	0,1509	0,1944	*****	1,0000	0,9998
San Andres	0,0001	0,0002	0,0019	0,0013	1,0000	*****	1,0000
Fuentecantos	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,9998	1,0000	*****

Tabla 7.17. Diferencias significativas en la altura de los acebos entre plantaciones experimentales durante el **tercer año** de instalación según el Test de Duncan ($\alpha > 95\%$).

	Canredondo 1	Vivero	Fuentecantos
Canredondo 1	*****	0,5474	0,0001
Vivero	0,5474	*****	0,0001
Fuentecantos	0,0001	0,0001	*****

Tabla 7.18. Diferencias significativas en el crecimiento anual en altura de los acebos entre plantaciones experimentales durante el **tercer año** de instalación según el Test de Duncan ($\alpha>95\%$).

	Canredondo 1	Vivero	Vivero Ampliación	San Andres	Canredondo 2	Fuentecantos	Almazan
Canredondo 1	*****	1,0000	0,9999	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Vivero	1,0000	*****	1,0000	0,0004	0,0001	0,0001	0,0001
Vivero Ampliación	0,9999	1,0000	*****	0,3059	0,0965	0,0693	0,0061
San Andres	0,0001	0,0004	0,3059	*****	1,0000	0,9704	0,6339
Canredondo 2	0,0001	0,0001	0,0965	1,0000	*****	0,9909	0,5541
Fuentecantos	0,0001	0,0001	0,0693	0,9704	0,9909	*****	0,9406
Almazan	0,0001	0,0001	0,0061	0,6339	0,5541	0,9406	*****

Tabla 7.19. Diferencias significativas en el diámetro en el cuello de la raíz de los acebos entre plantaciones experimentales durante el **tercer año** de instalación según el Test de Duncan ($\alpha>95\%$).

	Almazan	Canredondo 2	Canredondo 1	Vivero	Fuentecantos	San Andres	Vivero Ampliación
Almazan	*****	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Canredondo 2	0,0001	*****	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Canredondo 1	0,0001	0,0001	*****	0,9998	0,0395	0,0391	0,3838
Vivero	0,0001	0,0001	0,9998	*****	0,2879	0,1277	0,5032
Fuentecantos	0,0001	0,0001	0,0395	0,2879	*****	0,9621	0,9756
San Andres	0,0001	0,0001	0,0391	0,1277	0,9621	*****	0,9999
Vivero Ampliación	0,0001	0,0001	0,3838	0,5032	0,9756	0,9999	*****

Tabla 7.20. Diferencias significativas en la esbeltez de los acebos entre plantaciones experimentales durante el **tercer año** de instalación según el Test de Duncan ($\alpha>95\%$).

Cuarto año

	Canredondo 1	Vivero	San Andres	Fuentecantos
Canredondo 1	*****	0,8592	0,0001	0,0001
Vivero	0,8592	*****	0,0010	0,0001
San Andres	0,0001	0,0010	*****	0,1948
Fuentecantos	0,0001	0,0001	0,1948	*****

Tabla 7.21. Diferencias significativas en la altura de los acebos entre plantaciones experimentales durante el **cuarto año** de instalación según el Test de Duncan ($\alpha>95\%$).

	Canredondo 1	San Andres	Vivero	Fuentecantos
Canredondo 1	*****	0,9469	0,8219	0,0001
San Andres	0,9469	*****	0,9499	0,0001
Vivero	0,8219	0,9499	*****	0,0124
Fuentecantos	0,0001	0,0001	0,0124	*****

Tabla 7.22. Diferencias significativas en el diámetro en el cuello de la raíz de los acebos entre plantaciones experimentales durante el **cuarto año** de instalación según el Test de Duncan ($\alpha>95\%$).

	Vivero	Canredondo 1	Fuentecantos	San Andres
Vivero	*****	0,9895	0,2186	0,1021
Canredondo 1	0,9895	*****	0,0938	0,0190
Fuentecantos	0,2186	0,0938	*****	0,9862
San Andres	0,1021	0,0190	0,9862	*****

Tabla 7.23. Diferencias significativas en la esbeltez de los acebos entre plantaciones experimentales durante el **cuarto año** de instalación según el Test de Duncan ($\alpha>95\%$).

Planta de partida.

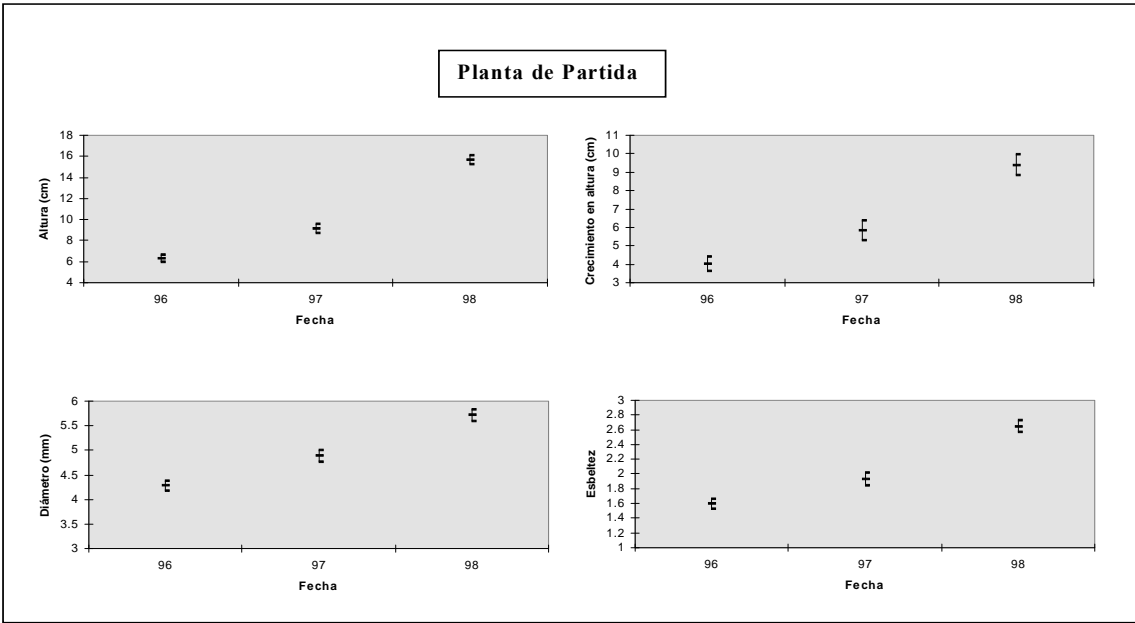


Figura 8.1. Valor medio e intervalo de confianza del crecimiento en altura, diámetro, altura y esbeltez de las plantas de partida utilizadas cada año para las plantaciones experimentales de acebo ($\alpha > 95\%$).

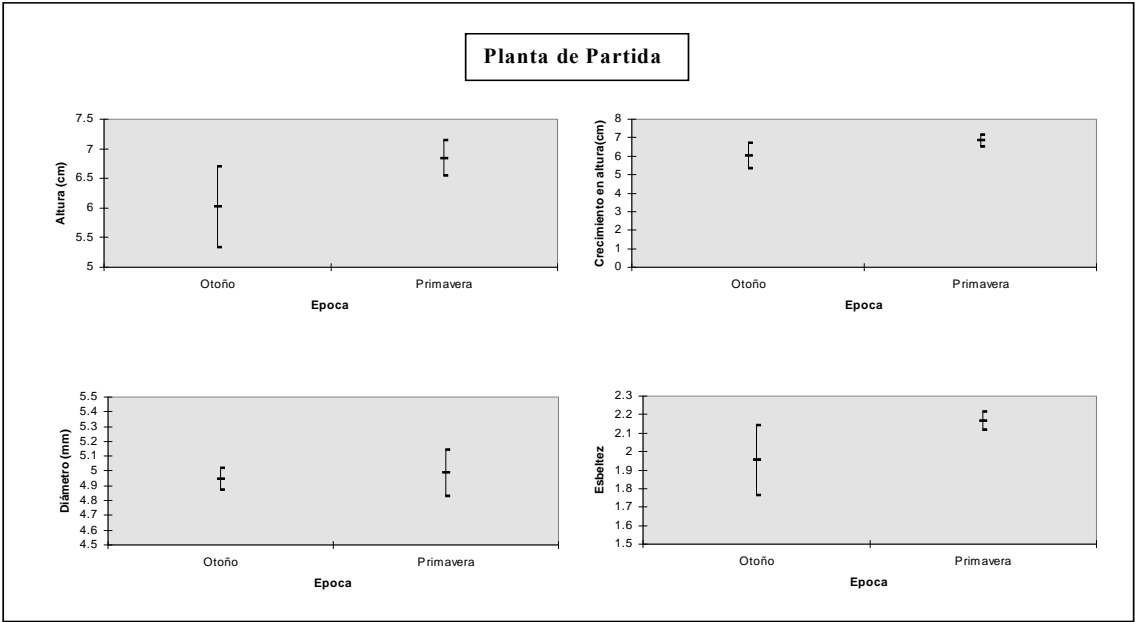


Figura 8.2. Valor medio e intervalo de confianza del crecimiento en altura, diámetro, altura y esbeltez de las plantas de partida utilizadas para las plantaciones experimentales de acebo según su época de enraizamiento.

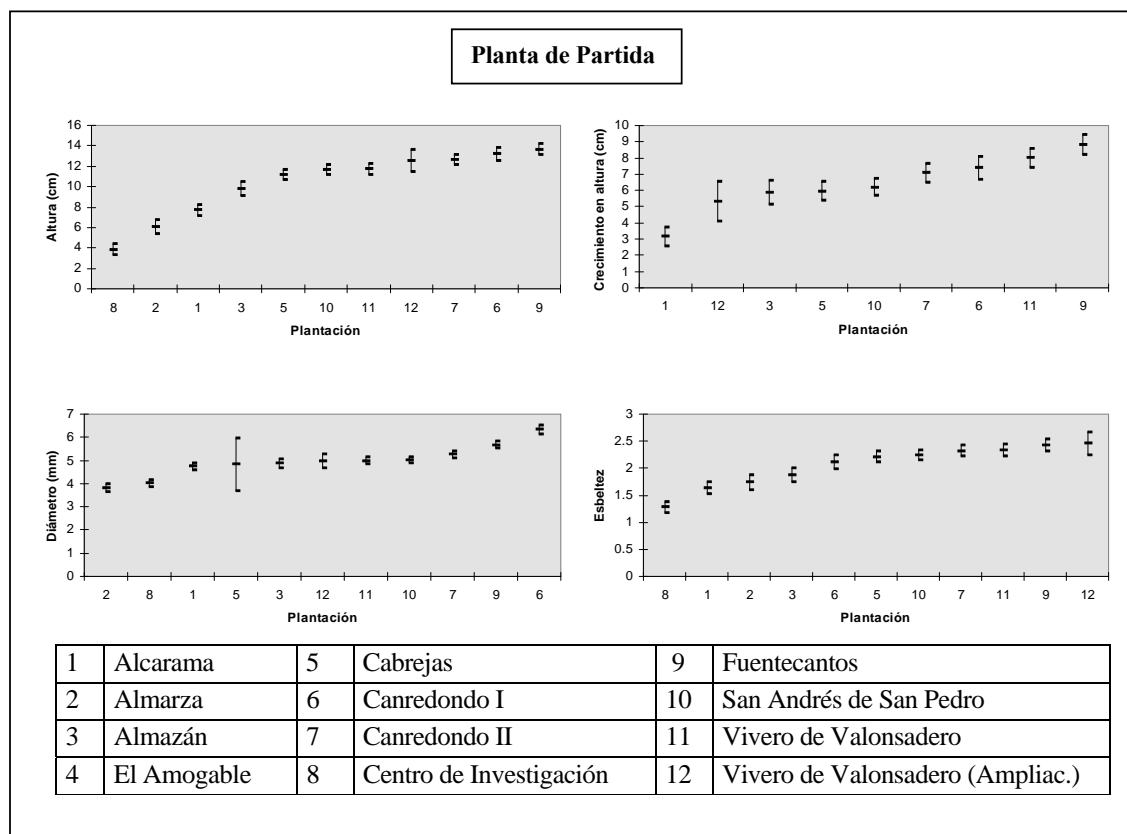


Figura 8.3. Valor medio e intervalo de confianza del crecimiento en altura, diámetro, altura y esbeltez de las plantas de partida utilizadas para cada una de las plantaciones experimentales de acebo ($\alpha > 95\%$).

Porcentaje de marras.

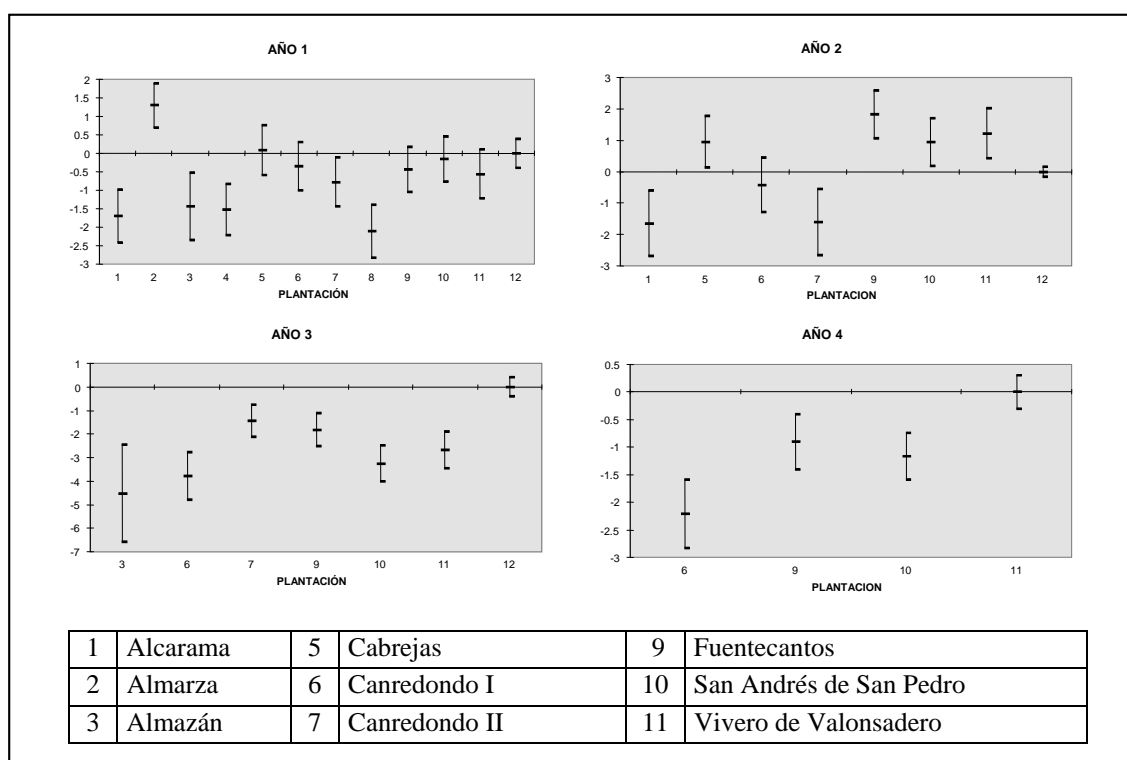


Figura 8.4. Valor medio e intervalo de confianza del porcentaje de marras anual de cada una de las plantaciones experimentales establecidas.

Crecimiento en altura, altura, diámetro y esbeltez.

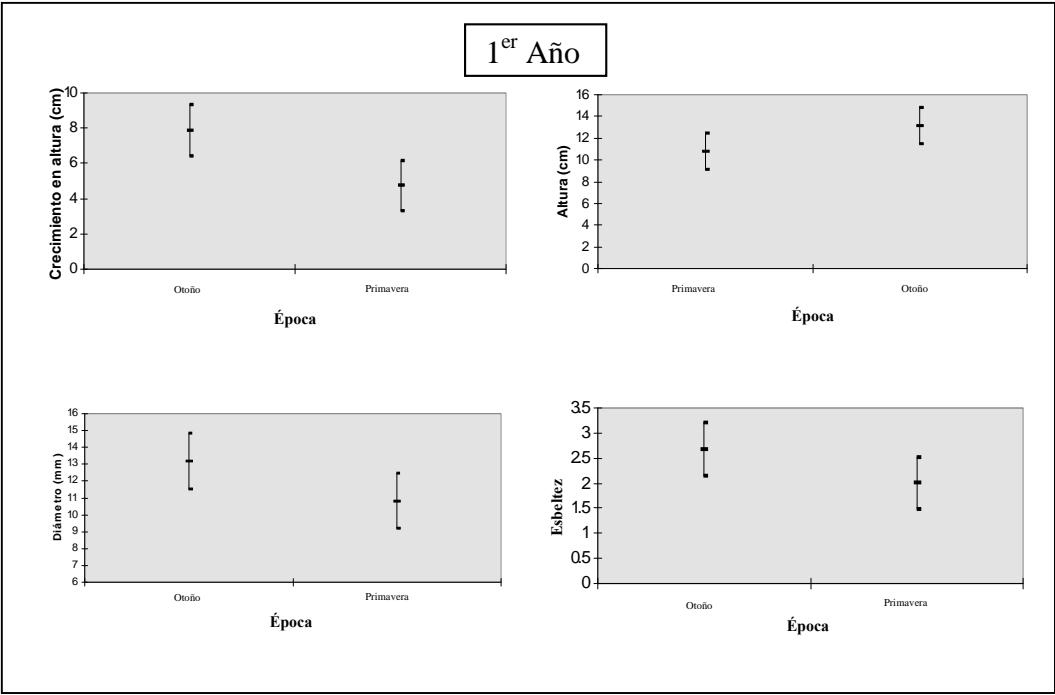


Figura 8.5. Valor medio e intervalo de confianza del crecimiento en altura, la altura, el diámetro y la esbeltez de las plantas con 1 año en campo según su época de estaquillado.

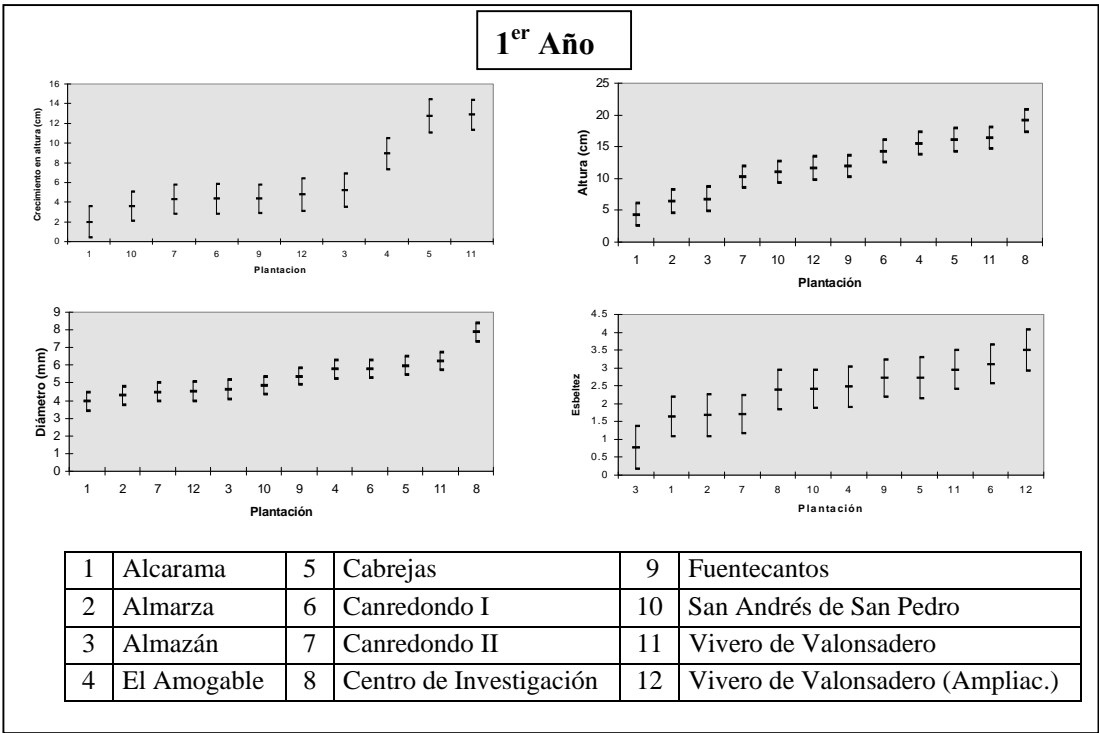


Figura 8.6. Valor medio e intervalo de confianza del crecimiento en altura, la altura, el diámetro y la esbeltez de las plantas de cada plantación con un año después de su establecimiento en campo.

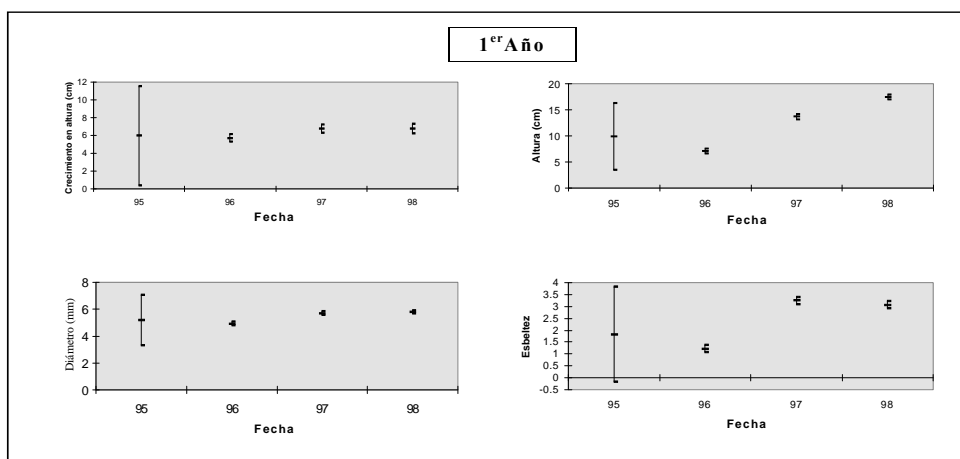


Figura 8.7. Valor medio e intervalo de confianza del crecimiento en altura, la altura, el diámetro y la esbeltez de las plantas con un año en capo según su fecha de plantación.

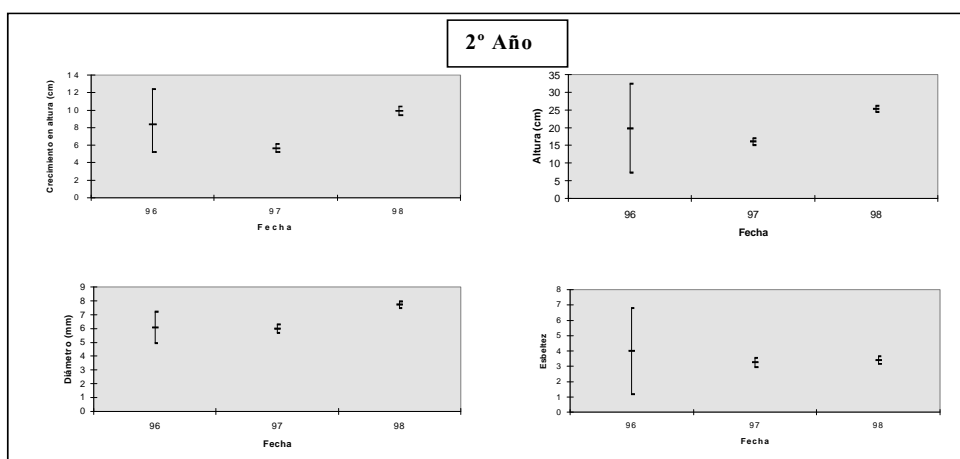


Figura 8.8. Valor medio e intervalo de confianza del crecimiento en altura, la altura, el diámetro y la esbeltez de las plantas con dos años en capo según su fecha de plantación.

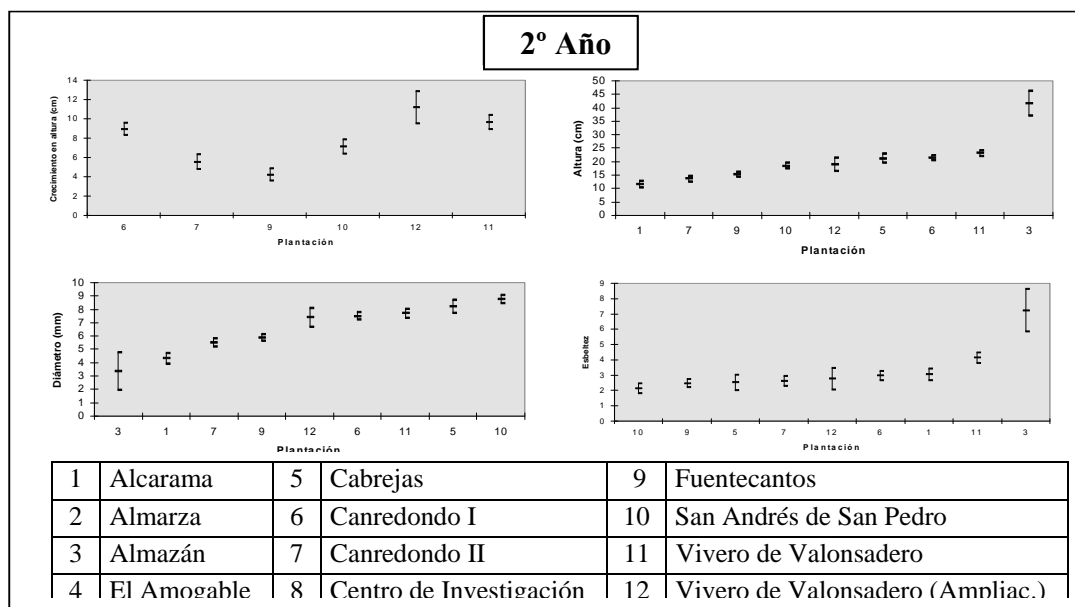


Figura 8.9. Valor medio e intervalo de confianza del crecimiento en altura, la altura, el diámetro y la esbeltez de las plantas de cada plantación con dos años después de su establecimiento en campo.

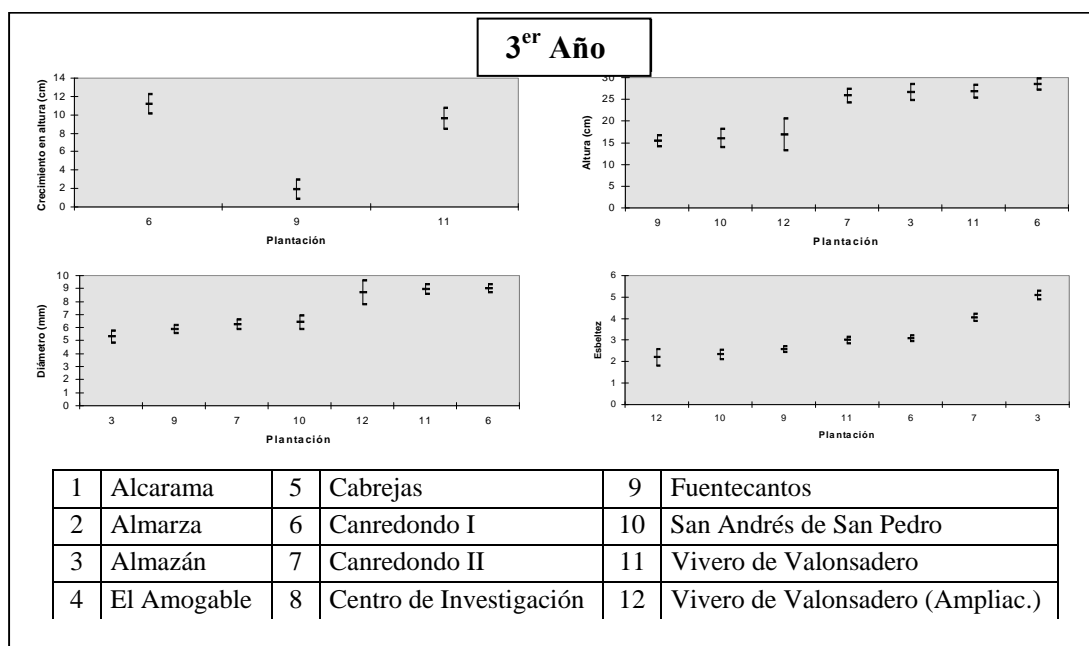


Figura 8.10. Valor medio e intervalo de confianza del crecimiento en altura, la altura, el diámetro y la esbeltez de las plantas de cada plantación con un año después de su establecimiento en campo.

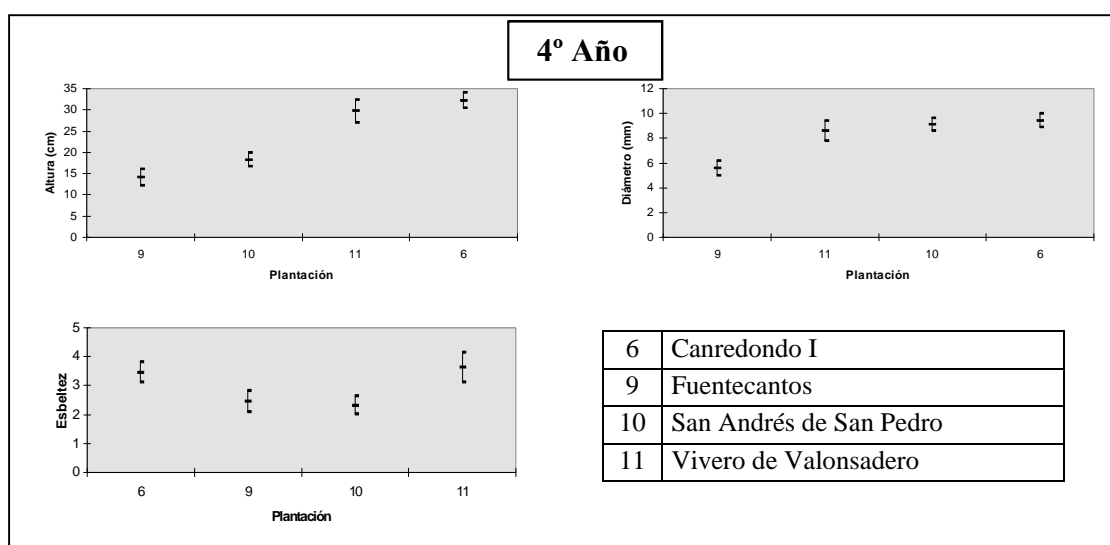


Figura 8.11. Valor medio e intervalo de confianza del crecimiento en altura, la altura, el diámetro y la esbeltez de las

ANEXO 9.

Métodos estadísticos.

9. Métodos estadísticos.

Dada la gran cantidad y diversidad de técnicas de análisis estadístico utilizadas a lo largo de este trabajo y la aplicación de algunas de ellas a diferentes partes del estudio se ha optado por realizar un capítulo de análisis estadístico en el que se recogen los fundamentos matemáticos de todas ellas, evitando así continuas reiteraciones. De este modo, en la metodología de cada estudio solamente se han indicado las técnicas utilizadas sin explicar sus fundamentos.

Como norma general todos los estudios estadísticos se han realizado para un grado de confianza del 95%. En los casos excepcionales, en los cuales no ocurre así, se indica expresamente el nivel de confianza utilizado.

Para la realización de todos los análisis estadísticos se ha utilizado el programa estadístico SAS[®] (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM Inc., 1990).

4.1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA.

La media aritmética, la desviación típica y el rango ha sido determinado para todas las variables estudiadas. La correlación entre las variables se ha calculado mediante el coeficiente de Pearson. La normalidad de las variables se ha estudiado mediante el Test de Shapiro-Wills, cuando el número de observaciones era igual o menor que 50, el test de Kolmogorov-Smirnov en caso de estar entre 51 y 500, y si es superior a 500 el test de χ^2 .

Estos análisis se han realizado mediante los procedimientos UNIVARIATE y CORR del programa estadístico SAS[®] (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM Inc., 1990).

4.2. ANÁLISIS DE LA VARIANZA.

El análisis de la varianza tiene como objetivo contrastar diferencias entre grupos en torno a sus medias y varianzas. Se ha empleado para determinar las influencias de la densidad sobre el crecimiento diametral y la composición de la biomasa.

El modelo matemático viene dado por la expresión:

$$X_{\bar{y}} = m + T_i + e_{\bar{y}}$$

donde:

$X_{\bar{y}}$ es la variable analizada.

m es la media general para dicha variable.

T_i es desviación constante de la media debida a la densidad, varía entre 1 y 5.

$e_{\bar{y}}$ es el error aleatorio de media 0 y varianza constante σ^2 . ($k=1$, una repetición).

Se plantea la hipótesis de que las medias de los distintos grupos sean iguales entre sí, frente a una hipótesis alternativa de que alguna media es diferente. Para resolver el contraste, se procede a la descomposición de la varianza total, en las variaciones correspondientes a las distintas fuentes de variación, y se construye el cuadro de análisis de varianza para calcular el valor del estadístico 'F', donde 'F' es el cociente del cuadro medio de la fuente de variación entre el cuadrado medio del error.

El análisis de la varianza se ha realizado con el procedimiento GLM del programa estadístico SAS[®] (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM Inc., 1990) debido a los desequilibrios existentes en la estructura de los datos.

4.2.1. Prueba de rango múltiple de Duncan.

El test F del análisis de varianza evalúa la hipótesis de la igualdad de las medias en los distintos tratamientos. Si la F es no significativa de acuerdo al nivel de probabilidad elegido, no tiene sentido un estudio más detallado sobre las medias. Sin embargo, si la F es significativa, es necesario separar las medias de los distintos tratamientos. Existen diversas pruebas de separación de medias, y en este trabajo se va a emplear la prueba de rango múltiple de Duncan.

La prueba de Duncan se basa en comparaciones múltiples entre las medias. Fijando un error de tipo I $\alpha = 5\%$ de las comparaciones son declaradas como diferentes, siendo iguales. La distancia que utiliza esta prueba para determinar si dos medias son o no iguales, varía en función del número de medias que se estén comparando, y viene dado por la expresión:

$$D = q_{(\alpha, t, glr)} \cdot (CMr / n)^{1/2}.$$

donde:

- d es la distancia entre medias empleada en la prueba de Duncan.
- $q_{(\alpha, t, glr)}$ es el valor tabulado de acuerdo a los parámetros α , t y glr .
- α es el nivel de significación predeterminado.
- t es el número de tratamientos a comparar.
- glr son los grados de libertad del error.
- CMr es el cuadrado medio del error.
- n es el número de observaciones.

4.2.2. Hipótesis del análisis de varianza.

El análisis de varianza se basa en el cumplimiento de una serie de hipótesis de partida que deben ser comprobadas junto al análisis. Estas hipótesis son independencia, normalidad y homogeneidad de la varianza u homocedasticidad de los errores, y aditividad de los efectos. Cuando se viola alguna de estas hipótesis de partida, es necesario realizar transformaciones de variables para que sí se cumplan dichas hipótesis. Las transformaciones más frecuentes son la raíz cuadrada, logaritmo y función inversa, y en el caso de datos binomiales o proporcionales arcoseno de la raíz cuadrada.

Independencia de los errores.

Esta hipótesis es difícil de verificar, por lo que previamente a realizar el diseño del experimento, es importante estudiar el problema para evitar posibles dependencias (SABIN & STAFFORD, 1990). En el presente trabajo se asume que se cumple la hipótesis de independencia de los errores.

Normalidad de los errores.

El no cumplimiento de esta hipótesis no afecta en exceso a la validez de los resultados del análisis de varianza. A pesar del bajo número de árboles por análisis, se ha realizado un test de normalidad. La prueba utilizada ha sido el test de normalidad W desarrollado por Shapiro y Wilk en 1965.

El estadístico W_0 se calcula a partir de la expresión $W_0 = \frac{T}{S^2}$, donde S^2 es la suma de los residuos al cuadrado y T es un estadístico que viene dado por la expresión:

$$T = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^{n/2} \alpha_{n-i+1} (e_{n-i+1} - e_i) \right]^2$$

donde:

- e_1, e_2, \dots, e_n son los residuos ordenados de menor a mayor.
- N es el número de la muestra.
- α_i son los valores tabulados.

Si el valor del estadístico calculado W_0 es menor que el valor de W tabulado en función del número de datos y del nivel de significación elegido, se rechaza la hipótesis de normalidad.

Homogeneidad de la varianza de los errores.

Si las varianzas de cada tratamiento no son homogéneas, se puede tomar como válidos resultados que no lo son. De este modo, se puede deducir que dos medias con varianza pequeña no son significativamente diferentes, por la presencia de tratamientos con varianzas altas. Por lo tanto, es imprescindible comprobar si se cumple esta hipótesis.

La prueba más frecuente para verificar esta hipótesis es la de Bartlett, con la desventaja de ser sólo válida para diseños completamente aleatorizados, y de ser sensible a la normalidad (CONOVER *et al.*, 1981, cit. en SABIN & STAFFORD, 1990). Por este motivo, se ha utilizado el test de Levene, que es válido para ausencia de normalidad. Este test se basa en la construcción de nuevos elementos a partir de la muestra, tales que:

$$Y_{ij} = |X_{ij} - \bar{X}_i|$$

Una vez hecha la transformación, se realiza un test de medias a las nuevas variables. Si existe igualdad de medias, se concluye que no hay diferencias significativas en la varianza. Si por el contrario existen diferencias entre las medias, no se cumple la hipótesis de homocedasticidad.

4.2.3. Modelo lineal generalizado

Para el análisis estadístico del enraizamiento de estaquillas y la germinación de la semilla se ha utilizado un modelo lineal generalizado, mediante el procedimiento GENMOD de SAS[®] (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INC., 1990).

Hay tres métodos para realizar este tipo de análisis (BARAHONA, 1998):

1. Asumir que las proporciones de enraizamiento o germinación se distribuyen según una normal y analizarlos usando el análisis de varianza convencional.
2. Transformar las proporciones de enraizamiento o germinación con la función $y = \arcsen(P^{1/2})$ y utilizar el análisis de la varianza convencional.
3. Analizar los datos utilizando la distribución binomial como base del análisis de varianza.

En este caso no se cumplen las premisas necesarias para utilizar los dos primeros métodos, por lo que se optó por analizar los datos con el tercero, que por otra parte es el más correcto desde el punto de vista teórico.

Como ya se ha dicho, se parte de una distribución binomial en la que la variable toma los valores de 0 (planta no enraizada o semilla no germinada) ó 1 (planta viva).

El modelo se formula de manera que la probabilidad de pertenecer al grupo definido por $y = I$ sea una función no lineal de x del tipo $p_i = F(E\{\beta'\}x_i)$, donde F es cualquier función de distribución. En este caso se ha elegido la función logística como función de distribución (F), ya que es la que más se adapta a una distribución binomial.

$$p_i = \frac{1}{1 + e^{-E\{\beta'\}x_i}}$$

4.3. ANÁLISIS DE LA COVARIANZA.

De una manera muy general el análisis de la covarianza puede considerarse como un perfeccionamiento de los análisis de la varianza y de regresión. Este análisis reúne las técnicas de ambos.

Según Scheffe en el análisis de la varianza el factor, sea cualitativo o cuantitativo, se tratan cualitativamente; en el análisis de regresión todos los factores son cuantitativos y se tratan cuantitativamente. En el análisis de la covarianza por ser una mezcla de ambos análisis unos factores se tratan cualitativamente y otros cuantitativamente, de tal forma que en el modelo matemático, mediante el cual expresamos la relación de “dependencia” de una variable respecto a otras, se incluyen los modelos del análisis de la varianza y de la regresión.

En este caso se trata de un modelo no equilibrado con un solo factor y una covariable, cuyo modelo matemático es:

$$\begin{aligned} Y_{ij} &= \mu + A_i + \beta \cdot x_{ij} + \varepsilon_{ij} \\ i &= 1 - t; \quad j = 1 - n; \end{aligned}$$

donde:

Y_{ij} es la variable dependiente

x_{ij} es la variable independiente, no es aleatoria y recibe el nombre de variable concomitante o covariable.

μ es la media general para dicha variable

β es el coeficiente de regresión, la cantidad en que varía la variable y por cada aumento unitario de la variable x

ε_{ij} es el error aleatorio con una distribución $N(0, \sigma)$, homocedasticidad, independencia y esperanza matemática nula

De esta forma se logra un mayor acercamiento a la realidad que estudiando independientemente el efecto de estos dos factores, de tal manera que los resultados obtenidos vendrán matizados por la influencia de ambos factores.

Este modelo debe cumplir las mismas premisas antes descritas que el análisis de varianza y al igual que este análisis se ha realizado mediante el procedimiento GLM del programa estadístico SAS® (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM Inc., 1990).

4.4. CLASIFICACIÓN AUTOMÁTICA JERARQUIZADA: TAXONOMÍA NUMÉRICA.

Este procedimiento se ha utilizado para realizar la agrupación de las parcelas del inventario en estratos.

Con este método los datos son tratados como coordenadas numéricas y el método de agregación se basa en procedimientos de aglomeración jerárquica, es decir, cada observación empieza siendo una clase y, mediante sucesivos pasos de aglomeración binaria, se van juntando las clases más cercanas hasta obtener una única clase al final del proceso.

El análisis se realiza con el programa estadístico SAS® (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM Inc. 1990) mediante el procedimiento CLUSTER, y el dendrograma se genera mediante el procedimiento TREE. El procedimiento CLUSTER crea un conjunto de datos que puede ser usado por el procedimiento TREE para dibujar un dendrograma de clasificación (gráfico en forma de árbol) y para obtener una clasificación en un número especificado de clases.

El procedimiento CLUSTER realiza clasificaciones jerárquicas ascendentes de las observaciones de un conjunto de datos utilizando diversos métodos ascendentes binarios y secuenciales. En este caso se ha utilizado el método de Ward por ser probablemente el más sofisticado y el que reúne mejores propiedades (PANDO & SAN MARTÍN, 1998).

El método de Ward tiende a juntar clusters con un número pequeño de observaciones y está fuertemente sesgado hacia la producción de clusters con aproximadamente el mismo número de observaciones. También es muy sensible a los valores fuera de rango (MILLIGAN, 1980).

Mediante el método de WARD la distancia entre dos grupos (clusters) se define como:

$$D_{KL} = B_{KL} = \|\bar{\mathbf{X}}_K - \bar{\mathbf{X}}_L\|^2 / (1/N_K + 1/N_L)$$

Si $d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \|\mathbf{x} - \mathbf{y}\|^2 / 2$, entonces la fórmula combinatoria es:

$$D_{JM} = ((N_J + N_K)D_{JK} + (N_J + N_L)D_{JL} - N_J D_{KL}) / (N_J + N_M)$$

En el método de la mínima varianza de Ward la distancia entre dos grupos es la suma de cuadrados de la ANOVA entre dichos dos grupos sumado para todas las variables. En cada agregación la suma de cuadrados dentro del grupo se minimiza para todos los posibles grupos formados por la unión de dos clusters del nivel anterior.

Las sumas de cuadrados son más fáciles de interpretar cuando se las divide por la suma total de cuadrados y así tenemos proporciones de varianza.

El método de Ward junta grupos para hacer máxima la probabilidad en cada nivel de la jerarquía bajo los siguientes supuestos:

- mezcla normal multivariante.
- iguales matrices de covarianza esféricas.
- igual probabilidad de las muestras.

Como ventaja de la estrategia de Ward diremos, que hace aparecer más claramente la diferencia entre grupos porque mide las distancias entre clusters a partir de las inercias entre y dentro de los grupos y agrega los clusters que maximizan la inercia entre clases Ward (1963).

4.5. ANÁLISIS UNIVARIANTE DE MEDIDAS REPETIDAS

Las colecciones de datos en las que se dispone de una serie de mediciones de cada unidad experimental a lo largo del tiempo, son denominadas medidas repetidas, y requieren un análisis más cuidadoso debido a su naturaleza sistemática. Una consecuencia es la correlación entre los datos de las distintas repeticiones, y una segunda, la posibilidad de confundir el efecto de las repeticiones (tiempo) con algún efecto ambiental que no se controla (GUMPERTZ & BROWNIE, 1993).

Los datos procedentes de medidas repetidas pueden ser analizados con las técnicas de análisis univariante siempre que se cumplan ciertos supuestos de la estructura de la matriz de covarianzas. Con frecuencia se violan estos supuestos y es necesario recurrir al análisis multivariante e incluso al análisis no paramétrico de inferencia estadística.

El modelo de medidas repetidas para un diseño en bloques aleatorios viene dado por la expresión:

$$X_{ij} = m + T_i + B_j + A_k + At_{ik} + Ab_{jk} + e_{ijk}$$

donde:

X_{ij} es la variable analizada
 m es la media general para dicha variable
 T_i es la desviación constante de la media debida al tratamiento
 B_j es la desviación constante de la media debida al bloque
 A_k es la desviación constante de la media debida al tiempo
 At_{ik} es la desviación constante de la media debida a la interacción tiempo x tratamiento
 Ab_{jk} es la desviación constante de la media debida a la interacción tiempo x bloque
 e_{ijk} es el error relativo

La primera parte del modelo representa la variación entre tratamientos y los tres penúltimos la variación dentro de los mismos, que es la parte añadida debida a las medidas repetidas.

Para que sea válido el análisis univariante se debe cumplir la hipótesis de simetría compuesta de la matriz de covarianza, es decir, se asume que dentro de un tratamiento las correlaciones son iguales. El error e_{ijk} sigue una distribución normal con media cero y varianza σ^2 , y con una matriz de varianza-covarianza V :

$$V = \text{cov}(e_k, e^*_k) = \sigma^2 \begin{pmatrix} 1 & \rho & . & \rho \\ \rho & 1 & . & . \\ . & . & . & \rho \\ \rho & . & . & 1 \end{pmatrix}$$

Para comprobar esta hipótesis se utiliza el criterio de Mauchly que realiza un test de esfericidad sobre contrastes ortogonales (la esfericidad se cumple cuando la matriz $V = \sigma^2 \times I$, donde I es la matriz identidad). Si la probabilidad dada por el test de Mauchly es mayor del 0,05 se puede dar por válida la hipótesis de simetría compuesta.

Si no se cumple esta hipótesis, se produce una violación, se procede a analizar el grado de violación de la hipótesis a través de la ϵ de HUYNH-FELDT (1970, en MOSER & SAXTON, 1990). Cuando la ϵ de Huynh-Feldt es próxima a 1, la violación es muy leve. Si se da esta situación, y además en los resultados del análisis univariante de medidas repetidas coinciden los valores corregidos de Huynh-Feldt y de Greenhouse-Geiser, se acepta por válido el análisis univariante (POTVIN *et al*, 1990). Si la ϵ de Huynh-Feldt es mucho menor que 1, la violación de la hipótesis es muy grande y no debe usarse el análisis univariante.

Estos análisis se han realizado mediante el procedimientos GLM del programa estadístico SAS® (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM Inc., 1990).

4.6. ANÁLISIS DE REGRESIÓN LINEAL.

El análisis de regresión estudia la relación entre la variable dependiente y un conjunto de variables independientes a través del ajuste de ecuaciones. Cuando en el modelo de regresión se expresa la variables dependiente como combinación lineal de las variables independientes, se denomina análisis de regresión lineal. Si en el modelo solo interviene una variable independiente se denomina regresión lineal simple, y si intervienen varias variables independientes, regresión lineal múltiple.

El modelo general de la regresión lineal múltiple, se expresa con la siguiente ecuación matricial:

$$[Y] = [X] \cdot [\beta] + [u]$$

$$[Y] = \begin{bmatrix} Y_1 \\ . \\ Y_i \\ . \\ Y_n \end{bmatrix} \quad [X] = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & . & X_{j1} & . & X_{m1} \\ . & . & . & . & . & . \\ 1 & X_{1i} & . & X_{ji} & . & X_{mi} \\ . & . & . & . & . & . \\ 1 & X_{1n} & . & X_{jn} & . & X_{mn} \end{bmatrix} \quad [\beta] = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ . \\ \beta_j \\ . \\ \beta_m \end{bmatrix} \quad [u] = \begin{bmatrix} u_1 \\ . \\ u_i \\ . \\ u_n \end{bmatrix}$$

donde:

Y_i son los valores de la variable dependiente, donde i varía de 1 a n
 X_{ji} son los valores de las variables independientes para cada i , donde j varía de 1 a m
Rango $[X]=m$ con $m < n$
 β_j son los parámetros a estimar de cada X_{ji} , donde j varía de 1 a m
 u_i son los errores aleatorios de cada observación Y_i

En el modelo lineal se establecen las siguientes hipótesis:

$$\begin{aligned} 1^\circ \quad E([u]) &= [0] \\ 2^\circ \quad V([u]) &= \sigma_u^2 [I] \\ 3^\circ \quad E(u_i, u_i') &= 0 \end{aligned}$$

Para disponer de la ecuación de regresión, es necesario calcular los parámetros β_j , que en el caso de modelos de regresión lineales se calculan por mínimos cuadrados. Los estimadores b_j de mínimos cuadrados tiene la particularidad de ser: lineales de Y ; insesgados; y de todos los estimadores insesgados son los de varianza mínima.

Las hipótesis de partida del análisis de regresión lineal, independencia, normalidad y homogeneidad de varianza de los errores, se han comprobado de la misma manera que en el análisis de varianza. Junto con estas pruebas, en todas las regresiones se ha realizado un análisis gráfico de los residuos para examinar la validez del ajuste.

El problema de la falta de independencia de los errores en ajustes de modelos de crecimiento es un problema de difícil solución y resulta necesario disminuir en alguna medida este problema, que surge de utilizar los sucesivos valores anuales que están obviamente correlacionados. Para ello, en lugar de utilizar todos los valores obtenidos del análisis de troncos para cada año, se han establecido intervalos de 5 años, comenzando siempre por el árbol de mayor edad.

La bondad del ajuste se expresa a través del coeficiente de determinación (simple o múltiple), detallándose en todos los modelos de regresión lineal presentados en este trabajo. Los parámetros estimados se presentan con su error estándar, y en todos los modelos son significativos al 5%. Estos intervalos de confianza deben dejar fuera el valor cero, pues en caso contrario, no se puede asegurar que el parámetro es significativamente diferente de cero o que una determinada variable independiente influya positiva o negativamente sobre la variable dependiente.

4.6.1. Modelos linealizados

Cuando se trabaja con modelos linealizados y se comprueban las hipótesis del modelo de regresión, se está haciendo la comprobación para las variables transformadas y no para la variable original, por lo que si se deshace la linealización el uso del modelo puede no ser correcto. A pesar de esto se transforman las variables con los siguientes objetivos:

- Corregir la falta de normalidad de las perturbaciones y la heterogeneidad de sus varianzas.
- Simplificar la relación entre la variable dependiente y las variables independientes.

Una alternativa a la transformación del modelo es el ajuste mediante el método de mínimos cuadrados ponderados. Con este procedimiento se corrige la heterocedasticidad aplicando un factor corrector (por ejemplo, el inverso de la varianza).

Si las hipótesis anteriores se cumplen la bondad del ajuste del modelo, se mide mediante el coeficiente de determinación ajustado.

4.6.2. Deslinealización de los modelos transformados

Con los modelos obtenidos se pretende estimar la variable dependiente (altura, volumen, errores de los modelos...) en unidades aritméticas. En los modelos logarítmicos la conversión de los estimadores de la media y de la varianza no es directa, ya que el antilogaritmo de las variables transformadas logarítmicamente estima la mediana en lugar de la media (BASKERVILLE, 1972).

CUNIA (1979) propone tres posibles métodos para deslinealizar la regresión. En este caso se utilizan el método de "estimadores exponenciales" para funciones alométricas, y el método de "estimadores del cociente" para funciones lineales del tipo $Y=B \cdot X$.

Los análisis de regresión lineal se han realizado mediante el procedimiento REG del programa estadístico SAS[®] (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM Inc., 1990).

4.7. ANÁLISIS DE REGRESIÓN NO LINEAL

En el análisis de regresión no lineal se expresa la variable dependiente como una función no lineal de las variables independientes. En los modelos de regresión no lineales la estimación de los parámetros no se puede realizar a través de mínimos cuadrados, y hay que recurrir a otros procesos iterativos más complejos.

Existen distintos procedimientos iterativos para el ajuste de modelos no lineales, habiéndose utilizado en este trabajo el algoritmo de Marquadt. Este método iterativo minimiza los residuales mediante las derivadas parciales del modelo con respecto a los parámetros hasta la convergencia de la estimación. El método de Marquadt esta comprendido entre el de Gauss-Newton y el método del gradiente, este método es más lento pero estima con mayor precisión los parámetros.

En los modelos de regresión no lineales no es imprescindible que no se cumplan las hipótesis del modelo de regresión lineal, sin embargo, se ha realizado un análisis gráfico de los residuos para estudiar el comportamiento del modelo.

Al igual que en el caso de la regresión lineal, se han utilizados los datos en intervalos de 5 años para reducir los problemas de correlación entre los datos de partida y de independencia de los residuos.

La bondad del ajuste en los modelos no lineales, se estima a través del cuadrado medio del error (CME), ya que no existe coeficiente de determinación. Los parámetros estimados se presentan junto con su error estándar, y en todos los modelos son significativos al 5%. Con el fin de ofrecer más información sobre los ajustes no lineales, se ha incluido el comportamiento de los errores y el coeficiente de correlación entre los valores predichos y los valores observados en los modelos de crecimiento ajustados mediante regresión no lineal.

Estos análisis se han realizado mediante el procedimiento NLIN del programa estadístico SAS® (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM Inc., 1990).

4.8. COMPARACIÓN DE FUNCIONES AJUSTADAS.

Cuando un modelo de regresión se ajusta a varios grupos de datos, resulta muchas veces conveniente comprobar si las regresiones obtenidas según grupos, son significativamente distintas de la regresión obtenida para todo el conjunto de las observaciones. Para ello se realizan tests de homogeneidad de los parámetros, cuyo estadístico varía según se realice para modelos lineales o no lineales.

4.8.1. Regresión lineal.

Para modelos ajustados con métodos de regresión lineal se ha utilizado el “Test de Homogeneidad de los Coeficientes”, también llamado análisis de paralelismo de curvas.

Este test se desarrolla en dos fases: en la primera se estudia la igualdad de los coeficientes potenciales “b”, y en la segunda se verifica la hipótesis de igualdad de los coeficientes “a” (en el caso de un coeficiente único, sólo existe esta segunda parte).

Se analiza la significación de la variación experimentada en la suma de cuadrados residuales que se obtiene:

- En los ajustes individuales.
- En un modelo con variable ficticias que fuerzan la igualdad de los coeficientes a y b para el total de los datos que se comparan.
- El ajuste total de los datos que se comparan.

Se calcula el estadístico F y se compara con el obtenido en las tablas de la F de Snedecor para un nivel de significación del 5% y los grados de libertad correspondientes.

4.8.2. Regresión no lineal.

En este caso, cuando se trabaja con modelos ajustados por regresión no lineal, se utiliza el Test de homogeneidad de parámetros a través del estadístico de Lakkis-Jones.

La forma de operar es similar a la del test anterior, se introducen en el modelo unas variables ficticias para cada grupo de datos, y se realizan los mismos ajustes que en el caso anterior.

El estadístico que se utiliza en este caso para el contraste de las hipótesis nulas, de igualdad de alguno de los parámetros, es el Lakkis-Jones que toma la siguiente expresión:

$$L = \left(\frac{SCR_j}{SCR_i} \right)^{n/2}$$

donde: SCR_j es la suma de cuadrados residual del modelo con todos los parámetros diferentes para cada grupo de datos,

SCR_i , es la suma de cuadrados residual del modelo con todos o algún parámetro iguales, y n , es el número total de datos.

Para muestras grandes, la distribución de $[-2 \cdot \ln(L)]$ se aproxima a una distribución de χ^2 de Pearson con ν grados de libertad, siendo ν la diferencia entre el número de parámetros estimados en el modelo j y el número de parámetros estimados en el modelo i .

ANEXO 10.

Fotografías.



FOTO 40. Parcela vallada para el estudio de la producción pascícola.



FOTO 41. Parcela segada para el estudio de la producción pascícola.



FOTO 42. Aspecto del pasto en las vaguadas.



FOTO 43. Aspecto del pasto en las laderas.



FOTO 44. Aspecto del pasto y del matorral en las zonas altas.



FOTO 45. Pila de leña extraída de 100 m² de la zona densa.



FOTO 46. Cepa 17, antes de su trasmochó.



FOTO 47. Cepa 17, después de su trasmochó.



FOTO 48. Cepa 12, antes del aprovechamiento de ramilla ornamental.



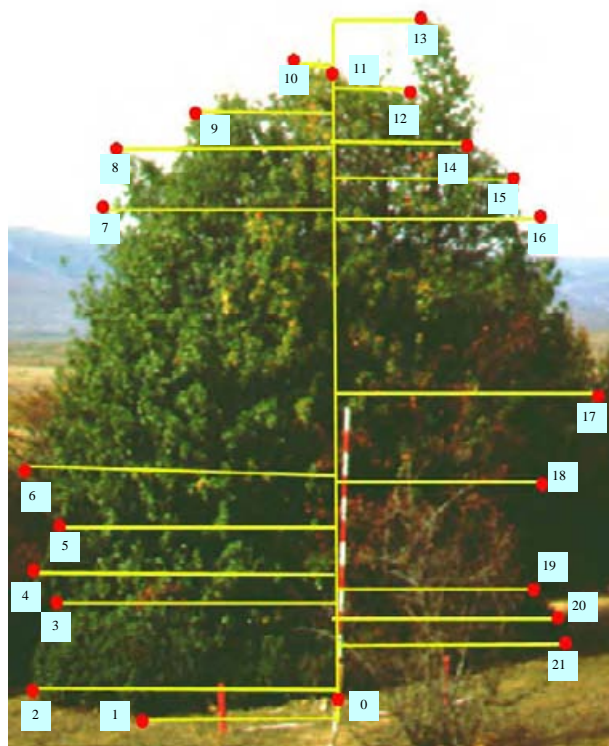
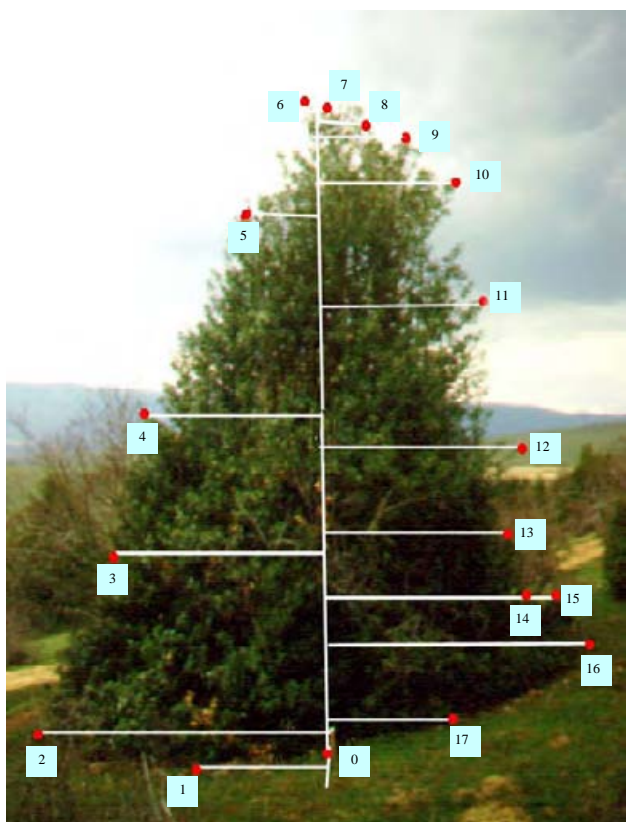
FOTO 49. Cepa 12, después del aprovechamiento de ramilla ornamental (Intensidad de corta del 45% de su masa foliar).



FOTO 50. Cepa 15, antes del aprovechamiento de ramilla ornamental.



FOTO 51. Cepa 15, después del aprovechamiento de ramilla ornamental (Intensidad de corta del 25% de su masa foliar).



FOTOS 52 y 53. Puntos seleccionados para generar la envolvente de la copa en el ensayo de intensidad de corta de ramilla ornamental.

FOTOS 54, 55 y 56. Brotes producidos en los cortes transversales





FOTO 60. Parcela de la zona densa, antes del resalveo.



FOTO 61. Parcela de la zona densa, durante el resalveo (después de retirar los pies de diámetro 5 cm).



FOTO 62. Parcela de la zona densa, después de un resalveo mediante una clara baja con un 50% se área basimétrica de intensidad.



FOTO 63. Acebo con síntomas de decaimiento, antes de su tratamiento.



FOTO 64. Acebo anterior, después de su limpieza.



FOTO 65. Cepa de grandes dimensiones con síntomas de decaimiento en la zona de transición, durante su división.

FOTO 66. Cepa anterior d



FOTO 67. Zona densa de espesura extrema, antes de su tratamiento.



FOTO 68. Vista general de las calles e islas realizadas en la zona de la fotografía anterior.



FOTO 69. Zona densa con graves fenómenos de puntisecado.



FOTO 70. Cepa de la zona adehesada con claros síntomas de decaimiento.



FOTOS 71 y 72. Cepas seleccionadas por sus características sobresalientes para la obtención de ramilla ornamental.

FOTO 73. Ensayo de estaquillado.



FOTO 74. Preparación de la estaquilla

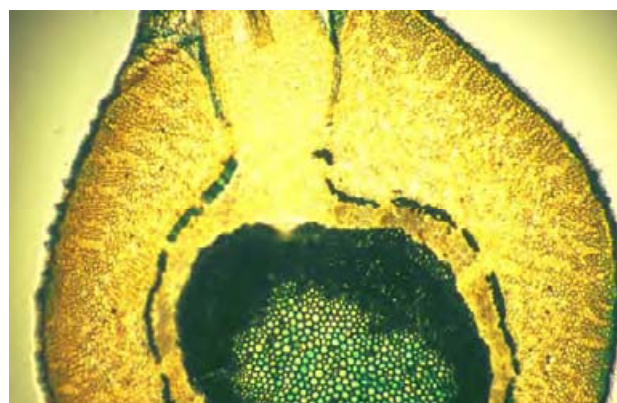


FOTO 75. Vista al microscopio en una sección transversal de las raíces adventicias formadas.



FOTO 76. Raíces adventicias saliendo el lesionado efectuado en las estaquillas.



FOTO 77. Raíces adventicias formadas en una estaquilla a los tres meses de su colocación en el invernadero.



FOTO 78. Sistema radical de una planta de un año. Planta utilizada para las plantaciones experimentales instaladas.



FOTO 79. Mulch utilizado en las plantas experimentales.



FOTO 80. Protector utilizado en las plantaciones experimentales.



FOTO 81. Planta de cuatro años en la plantación de Canredondo.



FOTO 82. Vista general de la plantación de Canredondo.



FOTO 83. Preparación del terreno en San Andrés de San Pedro.



FOTO 84. Adorno navideño elaborado con acebo.



FOTO 85. Planta navideña



FOTO 86. Gavillas de acebo en el Mercado Central de Barcelona.



FOTO 87. Florista en Valencia.



FOTO 88. Ramilla ornamental.



FOTO 1. Vista general de la Acebeda de Garagüeta.



FOTO 2. Vista general de la Acebeda de Ventosa de la Sierra.



FOTO 3. Vista general de la Acebeda de Castilfrío de la Sierra.



FOTO 4. Zona de pastos.



FOTO 5. Zona densa o de espesura trabada.



FOTO 6. Zona adehesada.



FOTO 7. Cuadras o sestiles de la zona densa



FOTO 8. Acebo seleccionado de la Clase 1.



FOTO 9. Acebo seleccionado de la Clase 2.



FOTO 10. Acebo seleccionado de la Clase 3.



FOTO 11. Acebo seleccionado de la Clase 4.



FOTO 12. Vista de la orla de una cepa desde su interior.



FOTO 13. Tocones y raíces de una cepa cortada.



FOTO 14. Interior de una cepa.



FOTO 15. Estrato 4a de la zona densa.



FOTO 16. Sestil de la zona densa (Estrato 4b).



FOTO 17. Estrato 3 de la zona densa.



FOTO 18. Estrato 2 de la zona densa.



FOTO 19. Estrato 1 de la zona densa.



FOTO 20. Jaula de exclusión para la protección de las plántulas del ganado.



FOTO 21. Plántulas de acebo.



FOTO 22. Brinzal de acebo creciendo protegido en el interior de un espino.



FOTO 23. Rebrote del acebo tras una corta, sin protección del ganado.



FOTO 24. Rebrote del acebo tras una corta, protegido del ganado.



FOTO 25. Chirpiales de acebo cortados.



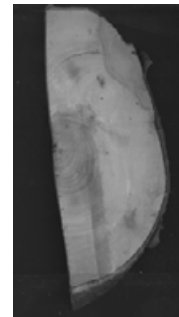
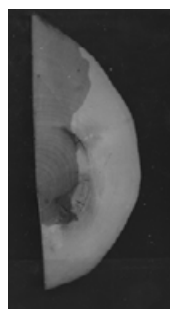
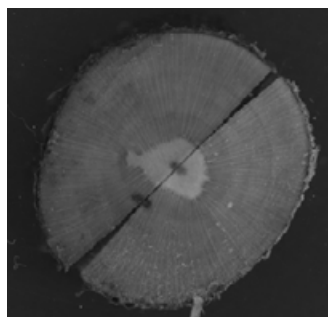
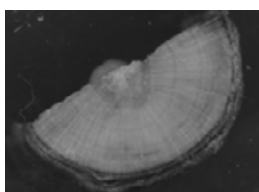
FOTO 26. Obtención de secciones transversales.



FOTO 27. Pesado de la biomasa de leñas.



FOTO 28. Secciones transversales de acebo.



FOTOS 29, 30, 31 y 32. Secciones transversales de acebo escaneadas con WinDendro®.



FOTO 33. Aprovechamiento de ramilla ornamental de acebo.



FOTO 34. Aprovechamiento de ramilla ornamental de acebo.



FOTO 35. Aprovechamiento de ramilla ornamental de acebo.



FOTO 36. Aprovechamiento de ramilla ornamental de acebo.



FOTO 37. Aprovechamiento de ramilla ornamental de acebo.



FOTO 38. Aprovechamiento de ramilla ornamental de acebo.



FOTO 39. Aprovechamiento de ramilla ornamental de acebo.